

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Bakalářská práce

2020

David Hykl

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the
Company

Zadání bakalářské práce

Student:

David Hykl

Studijní program:

B0713A060005 Elektroenergetika

Téma:

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: ENPRO ENERGO
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020




prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Kopřivnici, dne: 15. května 2020




David Hykl

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Ostravě, dne: 15. května 2020



Ing. František Polách

Poděkování

Mé poděkování patří všem zaměstnancům firmy Enpro Energo, s.r.o., kteří mě po celou dobu mé odborné praxe vedli a věnovali mi svůj čas a zkušenosti pro úspěšné absolvování všech úkolů. Výslovně bych rád poděkoval Ing. Františku Poláchovi, Ing. Janu Kostelencovi, Rostislavu Tatýrkovi a Petrovi Šimovi. Také bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce doc. Dr. Ing. Zdeňku Medvecovi.

Abstrakt

Tato práce popisuje průběh vykonávání odborné praxe ve firmě Enpro Energo s.r.o. a mé pracovní úkoly na pozici projektanta distribučních sítí elektrické energie. Zabývá se představením firmy Enpro Energo s.r.o. a jejím zaměřením v oblasti elektroenergetiky.

Dále jsou popsány jednotlivá technická a legislativní řešení projektů výstavby distribučních sítí elektrické energie. Na konkrétní řešení projektových dokumentací navazují dílčí technické výpočty pro zajištění spolehlivého a bezpečného chodu vybudovaných nebo rekonstruovaných staveb. V návaznosti na technická řešení je popsána finanční stránka projektu, kde je popsán průběh tvoření rozpočtů a její export investorovi. Závěr práce je věnován zajišťování dílčích podkladů projektové dokumentace a její kompletace a předání investorovi, který je doplněn o celkové zhodnocení průběhu praxe a její návaznost na studium.

Cílem této práce je vytvoření náhledu na práci projektanta a popis jednotlivých kroků ovlivňujících výsledný produkt.

Klíčová slova

Enpro Energo s.r.o., odborná praxe, distribuční síť, projektová dokumentace

Abstract

This thesis describes a process of my professional experience in the company Enpro Energo ltd and my work-related tasks on the position of a project designer of the distributional networks of electric energy. This work deals with the introducing of the company Enpro Energo ltd and its specialization in the area of electricity industry.

The thesis also deals with particular technical and legislative solutions of the projects of the construction of distributional networks of electric energy. The concrete solutions of the project documentation are followed by particular technical calculations to arrange reliable and safe operation of built-up or reconstructed buildings. In the continuity of the technical solutions, the financial part of the project is described where the process of the creation of the budget and its export to the investor is described. The conclusion of my work is dedicated to the provision of particular data of the project documentation and its completion and delivery to investor. It is also completed by general evaluation about the progress of my professional process and its continuity to the study.

The aim of this thesis is to make the view to the work of a project architect and to describe particular steps which influence the final product.

Keywords

Enpro Energo ltd, professional experience, distributional network, project documentation

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	- 10 -
Seznam ilustrací	- 12 -
Seznam tabulek	- 13 -
Úvod.....	- 14 -
1. Popis odborného zaměření firmy a popis pracovního zařazení studenta	- 15 -
1.1. Popis odborného zaměření firmy	- 15 -
1.1.1. Projektování distribučních sítí.....	- 15 -
1.1.2. Projektování rozvodů a transformoven.....	- 15 -
1.1.3. Inženýrské činnosti.....	- 15 -
1.1.4. Další činnosti a aplikace související s projekční činností a provozování elektrických zařízení - 16 -	
1.2. Popis pracovního zařazení studenta	- 16 -
2. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu praxe a jejich časová náročnost.....	- 16 -
2.1. Seznam úkolů	- 16 -
2.2. Časová náročnost.....	- 16 -
3. Zvolený postup při řešení zadaných úkolů.....	- 17 -
3.1. Rekonstrukce kabelového vedení VN v Opavě.....	- 17 -
3.1.1. Zadávací návrh	- 17 -
3.1.2. Trasa vedení kabelu VN z pohledu legislativního a majetkoprávního	- 17 -
3.1.3. Trasa vedení kabelu VN z pohledu technického řešení.....	- 17 -
3.1.4. Podrobný popis vybraných materiálů a prvků pro stavbu	- 18 -
3.1.4.1. Kabel 22 kV AXEKVCE 1x240 mm ²	- 18 -
3.1.4.2. Spojka přímá 22 kV CHMSV 24/95-240/CZ 185-240 mm	- 20 -
3.1.4.3. Koncovka vnitřní 22 kV	- 20 -
3.1.4.4. T – adaptér nestíněný 22 kV, 630 A, 240 mm ² , RISC-5143	- 21 -
3.1.4.5. Ball – marker	- 22 -
3.2. Rozšíření kabelového vedení NN v Osoblaze	- 22 -
3.2.1. Zadávací návrh	- 22 -
3.2.2. Trasa vedení kabelu NN z pohledu legislativního a majetkoprávního	- 22 -
3.2.3. Trasa vedení kabelu NN z pohledu technického řešení.....	- 23 -
3.2.4. Podrobný popis vybraných materiálů pro stavbu	- 26 -
3.2.4.1. Kabel AYKY 3 x 240 mm ² + 120 mm ²	- 26 -
3.2.4.2. Kabelová skříň typu SS 200	- 27 -
3.2.4.3. Výkonové nožové pojistky s charakteristikou gG, velikost 2	- 29 -
3.3. Volba podpěrného bodu	- 30 -

3.3.1.	Základní úvaha	- 30 -
3.3.2.	Určení vnějších vlivů	- 31 -
3.3.3.	Určení síly vodičů a vektoru stálého zatížení.....	- 31 -
3.3.4.	Síla větru	- 31 -
3.3.5.	Vliv námrazy	- 33 -
3.3.6.	Vliv teploty.....	- 33 -
3.3.7.	Minimální vzdálenosti.....	- 34 -
3.3.8.	Využití montážních tabulek vodičů.....	- 34 -
3.3.9.	Volba podpěrného bodu pomocí sčítání vektorů.....	- 35 -
3.3.10.	Volba podpěrného bodu výpočetním softwarem.....	- 37 -
3.4.	Návrh jištění	- 38 -
3.4.1.	Teoretické základy pro výpočet jištění elektrických distribučních sítí	- 38 -
3.4.2.	Návrh jištění za využití softwaru SPIDER – EN.....	- 39 -
3.5.	Rozpočet stavby	- 40 -
3.5.1.	Postup tvoření rozpočtu.....	- 40 -
3.5.2.	Systém KROS+	- 41 -
3.6.	Dílčí dokumenty pro zhotovení projektové dokumentace.....	- 42 -
3.7.	Kompletace projektové dokumentace	- 43 -
4.	Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané během studia a uplatněné studentem v průběhu odborné praxe.....	- 43 -
5.	Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe	- 44 -
6.	Dosažené výsledky v průběhu praxe a její celkové hodnocení	- 44 -
	Seznam použité literatury	- 45 -

Seznam použitých symbolů a zkratek

°C	Celsiův stupeň
A	Ampér
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
cm	Centimetr
ČSN	Česká technická norma
HB	Stupeň hořlavosti
IP	Stupeň krytí
IT	Izolovaná síť od země
kg/m ³	Kilogram na metr krychlový
kHz	Kilohertz
km	Kilometr
kN	Kilonewton
kV	Kilovolt
kVA	Kilovoltampér
m	Metr
mH	Milihenry
mm	Milimetr
mm ²	Milimetr čtvereční
N	Newton
N/m	Newton na metr
NN	Nízké napětí
Pa	Pascal
PEN	Sloučený ochranný a nulový vodič
PNE	Podniková norma
PVC	Polyvinylchlorid
s	Sekunda
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
SW	Software
ÚRS	Ústav racionalizace ve stavebnictví
V	Volt
VN	Vysoké napětí

VŠB – TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
VVN	Velmi vysoké napětí
ZMP	Základní montážní prvek
μF	Mikrofarad
Ω	Ohm

Seznam ilustrací

Obr. 1 Vrstvy kabelu AXEKVCE [7]	- 19 -
Obr. 2 Postup montáže spojky [8]	- 20 -
Obr. 3 Kabelová koncovka pro vnitřní použití [9]	- 20 -
Obr. 4 Kabelová koncovka pro vnější použití [22]	- 21 -
Obr. 5 T – Adaptér[10].....	- 21 -
Obr. 6 Ball – marker [23]	- 22 -
Obr. 7 Transformátor a rozvaděč NN.....	- 24 -
Obr. 8 Demontovaná přípojková skříň.....	- 25 -
Obr. 9 Demontovaná rámová konzole.....	- 26 -
Obr. 10 Demontovaný sloup JB 9/3	- 26 -
Obr. 11 Řez kabelem AYKY [13].....	- 27 -
Obr. 12 Rozměry skříně SS 200 [14]	- 28 -
Obr. 13 Slepé schéma do skříně SS 200, 201, 202 [22]	- 29 -
Obr. 14 Ampérsekundová a omezovací charakteristika pojistky gG [15].....	- 30 -
Obr. 15 Průhyb vodičů v závislosti na teplotě a rozpětí v m.....	- 35 -
Obr. 16 Tahové síly vodičů v závislosti na teplotě a rozpětí v kN.....	- 35 -
Obr. 17 Postavení podpěrných bodů vůči sobě	- 36 -
Obr. 18 Výkres podélného profilu vedení	- 38 -
Obr. 19 Jednopolové schéma návrhu jištění.....	- 40 -

Seznam tabulek

Tab. 1 Dělení větrných oblastí [16].....	- 31 -
Tab. 2 Dělení námrazových oblastí [17]	- 31 -
Tab. 3 Tabulka charakteristik terénu dle PNE 33-3302-ed.4 [18]	- 32 -
Tab. 4 Hodnoty pro výpočet zatížení vodičů větrem pro terén III. [18]	- 32 -
Tab. 5 Mezní teploty pro jednotlivá zohlednění jednotlivých zatížení [18].....	- 34 -
Tab. 6 Parametry vedení.....	- 35 -
Tab. 7 Parametry stávajícího a nového podpěrného bodu.....	- 36 -

Úvod

Práce se zabývá problematikou vytváření projektové dokumentace pro distribuční síť elektrické energie a popisuje mé pracovní úkoly ve firmě Enpro Energo s.r.o. a jejím zaměřením. V práci jsou popsány kroky pro úspěšné vytvoření projektové dokumentace od předprojektové přípravy přes majetkoprávní část až po samostatné technické řešení. V rámci řešení projektů je provedeno seznámení s některými vybranými materiály používanými pro výstavbu, údržbu a rekonstrukci distribuční sítě. Tato práce se také věnuje popisu výpočtů jistění vedení, mechaniky podpěrných bodů a celkové práci projektanta při koordinaci a zajištění potřebných součástí projektové dokumentace. V závislosti na řešených projektech je popsána návaznost na studium elektroenergetiky na VŠB – TUO Ostrava a znalosti uplatněné při řešení projektové dokumentace staveb, ale také znalosti, které jsem nabyl až při samotném vykonání odborné praxe. Závěr je věnován celkovému zhodnocení mého působení a dosažené výsledky.

1. Popis odborného zaměření firmy a popis pracovního zařazení studenta

1.1. Popis odborného zaměření firmy

Firma Enpro Energo s.r.o. vznikla v roce 2010 a má hlavní sídlo ve Valašském Meziříčí. Je dceřinou společností společnosti I&C Energo. Svou činnost provozuje na území Střední Moravy, Severní Moravy a také Severních Čech. V jednotlivých územích se nachází oblastní pracoviště sídlící ve městech Přerov, Zábřeh, Opava, Frýdek Místek, Olomouc, Ostrava, Děčín, Louny, Liberec a Ústí nad Labem. Svou praxi jsem vykonával ve městě Ostrava s částečným působením v Opavě. [1]

Firma se zaměřuje především na vytváření projektové dokumentace jako subdodavatel společnosti ČEZ Distribuce a.s. Jedná se o projektování distribučních sítí, projektování rozvodů a transformoven, inženýrskou činnost a další činnosti a aplikace související s projektováním, inženýrskou činností a provozováním elektrických zařízení. [1]

1.1.1. Projektování distribučních sítí

Zpracování projektové dokumentace distribučních sítí o napětových hladinách NN, VN a VVN do napětové hladiny 110 kV včetně. Obsahuje stavební i technologické části venkovních i kabelových vedení. V rámci projekční činnosti jsou také zajištěna příslušná legislativní opatření pro zajištění legálního provedení stavby objednatelem, resp. investorem. Z tohoto důvodu se z pravidla dělí tvorba dokumentace na dvě části. První částí je splnění podmínek pro úspěšný vstup do územního řízení a získání souhlasu pro realizaci stavby. Následně je vytvářena dokumentace pro provedení stavby, která již obsahuje samotné technické řešení a rozpočet. Při realizaci stavby projektant spolupracuje s investorem jako autorský dozor na stavbě. Po realizaci je zpracována dokumentace skutečného provedení stavby, kterou je možno následně exportovat do systému technické evidence staveb investora. [1]

1.1.2. Projektování rozvodů a transformoven

Zpracování projektové dokumentace rozvodů, transformoven a spínacích stanic o napětových hladinách NN, VN a VVN do napětové hladiny 110 kV včetně. Dokumentace obsahuje stavební, technologické a řídicí části rozvodů, transformoven a spínacích stanic. Projektová dokumentace je obvykle zpracovávána ve třech stupních. Prvním stupněm je zajištění potřebných podmínek pro vstup do územního řízení, následně vytvoření dokumentace pro vstup do stavebního řízení, a nakonec samotnou prováděcí dokumentaci stavby. Při realizaci stavby funguje projektant jako autorský dozor na stavbě a v rámci kontrolních dnů koordinuje jednotlivé etapy stavby. Po dokončení stavby je zpracována dokumentace skutečného provedení stavby. Pro již realizované objekty firma provádí údržbu dokumentace skutečného provedení po dobu životnosti. Firma se také podílí na zpracování studií proveditelnosti zadávacích návrhů a přípravě výběrových řízení technologických celků staveb. [1]

1.1.3. Inženýrské činnosti

Činnosti souvisí se zajištěním příslušných majetkoprávních vypořádání s vlastníky pozemků, které budou dotčeny plánovanou stavbou. Činnost je prováděna jak pro interní liniové stavby případně také rozvody, tak externě pro projekční činnost jiných firem. V rámci této činnosti firma zajišťuje smlouvy o budoucích smlouvách o zřízení věcného břemene, souhlasy se vstupem na pozemek a práva provést stavbu. Po realizaci stavby je zajištěn podpis smlouvy o zřízení věcného břemene a její vklad do katastru nemovitostí [1]. Finanční náhrady na věcná břemena jsou pouze smlouvená a její samotnou úhradu zajišťuje investor stavby.

1.1.4. Další činnosti a aplikace související s projekční činností a provozování elektrických zařízení

Mezi tyto činnosti se řadí poradenské činnosti, vytváření místních provozních předpisů a jejich případné aktualizace. V rámci poradenství firma zajišťuje technickou pomoc pro stavby v oblasti elektroenergetiky. Posledním zaměřením firmy je zajištění geodetických činností souvisejících s vytvářením projektové dokumentace a následným vkládáním věcných břemen do katastru nemovitostí. [1]

1.2. Popis pracovního zařazení studenta

Mé pracovní zařazení bylo primárně zaměřeno na projektování liniových staveb distribučních sítí. Prováděl jsem předprojektovou přípravu pro zjištění příslušných inženýrských sítí v oblasti stavby a zajištění fotografií z oblasti předpokládaného umístění stavby, vytváření výkresové dokumentace stavby, sepsání průvodních, souhrnných a technických zpráv stavby, majetkoprávní a legislativní činnosti potřebné pro realizaci stavby, zajištění doplňkových dokumentací BOZP, přechodného dopravní značení a případně stavebních částí projektu a nakonec vytvoření samotného rozpočtu stavby a její předání investorovi. Všechny tyto činnosti jsem prováděl pod dohledem zkušených projektantů, kteří koordinovali průběh mé praxe a poskytovali mi potřebnou pomoc při řešení jak technických, tak majetkoprávních a legislativních úkolů souvisejících s projekční činností.

V rámci projektování rozveden, transformoven a spínacích stanic jsem se účastnil diskuzí o technickém řešení projektové dokumentace, kontrolního dne na stavbě a předprojektové přípravy. V rámci předprojektové přípravy jsem navštívil několik rozveden, ve kterých byla prováděna fotodokumentace, geodetické činnosti a konzultace s místními pracovníky, projektanty stavebních částí a investorem.

2. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu praxe a jejich časová náročnost

2.1. Seznam úkolů

- Rekonstrukce kabelového vedení VN v Opavě
- Rozšíření kabelového vedení NN v Osoblaze
- Další práce na různých projektových dokumentacích
- Seznámení s teoretickými úvahami výpočtu mechaniky podpěrných bodů
- Výpočet mechaniky podpěrných bodů za použití montážních tabulek a projekčního softwaru
- Seznámení s teoretickým výpočtem jistění
- Výpočet jistění pomocí softwaru
- Tvorba rozpočtů + SW KROS
- Zajištění koordinace dílčích projektových dokumentací

2.2. Časová náročnost

Časová náročnost jednotlivých úkolů nelze přímo vyčíslit, jelikož v rámci projektování se jednotlivé úkoly časově křížily. Bylo vždy nutné pracovat současně na více projektech a koordinovat jejich jednotlivé části.

3. Zvolený postup při řešení zadaných úkolů

3.1. Rekonstrukce kabelového vedení VN v Opavě

3.1.1. Zadávací návrh

Zadání této stavby bylo rozděleno do dvou zadávacích návrhů. Jednalo se o kabelové úseky VN 980 mezi trafostanicemi OP_1548 – OP_1549 a OP_1549 – OP_1551. Stávající vedení bylo tvořeno kabely 3 x 120 mm² ANKTOYPV v délce cca 335 + 350 m. Vedení při kontrole koncovek vykazovalo únik izolační hmoty po celé délce kabelu a z tohoto důvodu byla nařízena výměna kabelu za kabel 3 x 22 AXEKVCE 240 mm². Dále proběhla kontrola trafostanic OP_1548 a OP_1549 a byl zjištěn jejich nevyhovující stav (kapající olej transformátoru, nedostupnost náhradních dílů, vysoký věk celého zařízení – zařízení pocházelo z roku 1976). V rámci rekonstrukce trafostanice bylo požadováno vyměnit stávající transformátor za nový 400 kVA 22/04 kV, vyměnit rozvaděč VN a NN a provést drobné stavební úpravy.

3.1.2. Trasa vedení kabelu VN z pohledu legislativního a majetkoprávního

Trasa vedení je vybrána zadavatelem a dle místních podmínek upravena projektantem pro budoucí bezpečný provoz a snadnou dostupnost. Často je změna vynucena také majetkoprávními záležitostmi. V tomto případě se zvolila trasa ve stávající trase, která dle zákona 183/2000 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění účinném k 1. 9. 2018, §79, odst. (2), písm. s), není třeba žádat rozhodnutí o umístění stavby ani územní souhlas, jelikož se jedná o výměnu vedení technické infrastruktury, přičemž nedojde k překročení stávajícího ochranného a bezpečnostního pásma. [2]

Volba trasy se může z pohledu projektanta rozdělit do tří částí.

Prvním krokem pro naplňování trasy je tzv. předprojektová příprava, ve které je vytvářena fotodokumentace oblasti stavby a zjištění inženýrských sítí ostatních správců, včetně geodetického zaměření. Následně je trasa kreslena do programu pro návrh inženýrských sítí (ve firmě Enpro Energo s.r.o. je používán program SPIDER EN), přičemž se bere ohled na respektování ochranných pásem sítí technické infrastruktury. V případě narušení ochranného pásma sítí správců technické infrastruktury, cest nebo vodních toků je třeba tohoto správce požádat o vyjádření k záměru stavby a dovolení křížení a souběhu se zařízením v jejich správě. V rámci vyjádření jsou zpravidla vypsány podmínky styku se sítí, kontaktní osoba, míra hutnění a především minimální odstupová vzdálenost. V případě husté městské sítě technické infrastruktury se často odkazuje na normu ČSN 73 6005, která definuje tzv. minimální odstupovou vzdálenost. [3] Následně je trasa projednávána také s orgány státní správy. Vlastníky dotčených pozemků je vzhledem k charakteru stavby, tj. stavba ve stávající trase, třeba informovat o připravovaném stavebním záměru a oznámit vstup pracovníků na pozemek. Na základě zpětné vazby vlastníků se domlouvají detaily vstupu, aby bylo respektováno jejich právo vlastníků pozemků.

3.1.3. Trasa vedení kabelu VN z pohledu technického řešení

Pro položení kabelu byl zřízen ruční výkop široký 50 cm a hluboký 120 cm vybavený pažením pro zajištění bezpečnosti pracovníků. Do výkopu se následně vkládá trubka sloužící jako mechanická ochrana kabelového vedení. Do rovných úseků se pokládá pevná trubka typu Koruhard a do lomových bodů trubka ohebná typu Koruflex. Pro umožnění plášťové zkoušky kabelu, vytyčení a vyhledávání poruch je třeba chráničku každých 50 metrů přerušit a v místech přerušení se vytváří tzv. pískové kabelové lóže. Vrstva písku je 8 cm nad i pod kabelem. Uložení kabelu převážně v chráničkách bylo zvoleno z důvodu umístění kabelu v oblasti s hustou inženýrskou sítí a v zastavěné oblasti s vysokým počtem chodců. Položení chráničky umožňuje dřívější zásyp kabelové rýhy. Při křížení komunikací a míst s omezenou možností výkopu je použita bezvýkopová metoda řízeného protlaku, která je nákladnější, ale šetrnější k okolí stavby.

Položenou chráničkou se protáhne kabel 3 x 22 AXEKVCE 240 mm², ke kterému se do svazku upevní trubka HDPE pro budoucí zafouknutí optického kabelu. V trase vedení bylo nutné vytvořit VN spojku 22kV CHMSV 24/95-240/CZ 185-240 mm². Spojky se snažíme navrhovat co nejméně, jelikož jsou často zdrojem poruch. Poruchy vznikají vlivem částečných výbojů, které vznikají z důvodu nesprávné montáže nebo vrozené degradace dielektrického materiálu. Vlivem částečných výbojů ve vzduchových mezerách dielektrika dochází k rozšiřování degradace materiálu, které způsobí snížení izolačních vlastností a následné proražení izolace.

V okolí vstupu do staveb dotčených trafostanic OP_1548, OP_1549 a OP_1551 se provedl rozšířený výkop, který odhalil VN kabel tvořící pokračování smyčky do sousední trafostanice a odhalil také vystupující kabely NN. V celém výkopu se zřídilo pískové lóže a krytí kabelu betonovými žlaby KD2. Jelikož bylo třeba dle zadání vyměnit transformátory a rekonstruovat trafostanice OP_1548 a OP_1549, musely se stávající VN a NN kabely demontovat. Na stávající kabely se zřídily spojky. V případě, že stávajícím kabelem byl kabel typu AXEKVCE, montovala se standardní přímá spojka. V případě, že stávající kabel tvořil starý olejový kabel typu ANKTOYPV, bylo nutné zjednat nepřímou spojku. Nepřímá tzv. hybridní spojka je složitá a pracná na montáž, ale není vhodné na nový transformátor připojovat stávající kabely. Kabely NN byly v podstatě všechny typu AYKY, tudíž byly spojovány přímou spojkou NN. Jeden z kabelů byl starý s trychtýřovou koncovkou v rozvaděči NN a musel být spojen nepřímou spojkou. Kabely byly skrz průchodky HSI 150 zavedeny do trafostanice a připojeny do rozvaděčů NN a VN. Do VN rozvaděče se kabely zaváděly pomocí koncovek POLT24D 185-240 s T-adaptéry 22KV RICS5143.

Celá soustava je provozována jako IT síť o napěťové hladině 22 kV. Ochrana před úrazem elektrickým proudem je za normálních podmínek tvořena polohou, při poruše je síť chráněna uzemněním uzlu sítě a doplněna ochranou pospojováním. Jištění pro transformátor 400 kVA v trafostanici OP_1548 je v kobce rozvaděče VN 22kV RM6 2K+1T tvořeno pojistkovými patronami VN 25 kV, $I_N = 32$ A. Jištění pro transformátor 400 kVA v trafostanici OP_1549 je v kobce rozvaděče VN 25kV RM6 3K+1T tvořeno pojistkovými patronami VN 25 kV, $I_N = 32$ A. Ochrana proti přepětí se u vedení tohoto typu neprovádí dle PNE 33000 – 8-ed.2, jelikož se jedná o smyčkové stanice uvnitř kabelové skříně a ani jedna z trafostanic není provozována jako dlouhodobě rozpojena. [4] Uzemnění je provedeno vybudováním ekvipotenciálního prahu okolo trafostanice ve vzdálenosti 1 m od vnější obvodové stěny. [5]

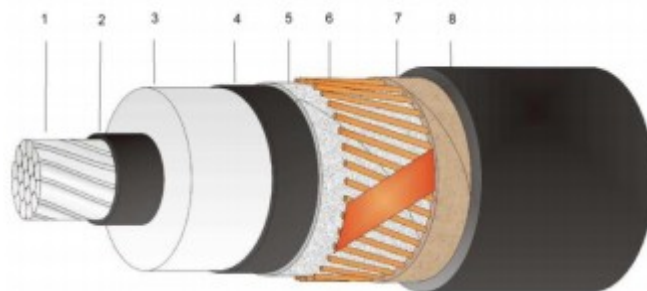
Při souběhu vysokonapěťových kabelů, jestliže nebude možné dodržet vzdálenost aspoň 20 cm, se provádí oddělení nehořlavou bariérou mezi kabely. Pro upozornění na přítomnost kabelu v zemi při výkopových pracích se ve vzdálenosti 20 – 30 cm nad kabel nebo chráničku položí výstražná fólie přesahující kabel nebo chráničku na obě strany o 4 cm. [6]

Ve vhodných místech je třeba kabel označit pomocí markerů. [6]

3.1.4. Podrobný popis vybraných materiálů a prvků pro stavbu

3.1.4.1. Kabel 22 kV AXEKVCE 1x240 mm²

Je to vysokonapěťový kabel s hliníkovým, komprimovaným vodivým jádrem o průřezu 240 mm². Jádro je obaleno vnitřní polovodivou vrstvou. Vnější polovodivá vrstva je obtočena stíněním kabelu. Průřez stínění je pro použitý kabel 25 mm². Vnější a vnitřní polovodivou vrstvu odděluje izolace. Svrchní vrstvy kabelu tvoří vodublokující páska a plášť z lineárního polyetylenu (PE). Plášť je odolný vůči UV záření a vnějším vlivům. Tento typ kabelu není odolný vůči ohni, tudíž jej nemůžeme použít v rozvodnách. Pro použití v rozvodnách se využívá kabel typu AXEKVCE, který má PE plášť se sníženou schopností šířit plamen. [7]



Obr. 1 Vrstvy kabelu AXEKVCE [7]

Popis vrstev [7]:

1. Hliníkové komprimované jádro
2. Vnitřní polovodivá vrstva
3. Izolace ze zesítěného PE
4. Vnější polovodivá vrstva
5. Vodublokující páska – polovodivá
6. Stínění z Cu drátů a protispirála z Cu pásky
7. Vodublokující páska
8. PE plášť

Parametry kabelu [7]:

- Průměr: 41 mm
- Hmotnost: 1,67 kg/km
- Činný odpor jádra R: 0,125 Ω/km
- Kapacita C: 0,3 μF/km
- Indukčnost L: 0,36 mH/km
- Zatížitelnost na vzduchu 496 A
- Zatížitelnost v zemi: 417 A

Při návrhu trasy je třeba respektovat dovolený poloměr ohybu, který vychází ze vzorce:

$$r_n = 15 \cdot D_k \text{ (mm)}$$

kde D_k je průměr kabelu v mm.

Při montáži je dovolený poloměr ohybu:

$$r_m = 20 \cdot D_k \text{ (mm)}$$

kde D_k je průměr kabelu v mm.

Dovolená tažná síla za punčošku je při montáži:

$$F = 120 \cdot D_k \text{ (N)}$$

kde D_k je průměr kabelu v mm.

Vypočtené poloměry a tažná síla pro použitý typ kabelu [7]:

$$r_n = 15 \cdot D_k = 15 \cdot 41 = 615 \text{ mm}$$

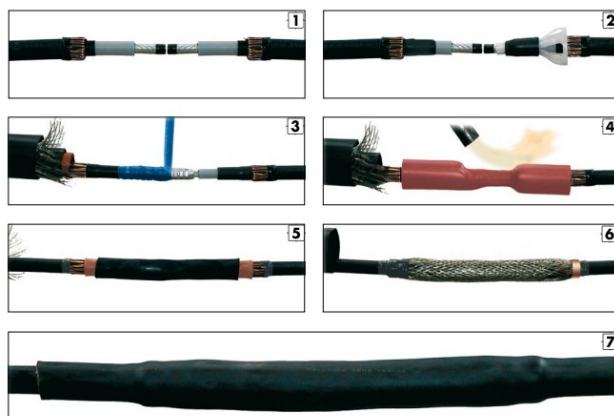
$$r_m = 20 \cdot D_k = 20 \cdot 41 = 820 \text{ mm}$$

$$F = 120 \cdot D_k = 120 \cdot 41 = 4920 \text{ N}$$

3.1.4.2. Spojka přímá 22 kV CHMSV 24/95-240/CZ 185-240 mm

Spojka se používá pro spojování jednožilových kabelů s plastovou izolací a polovodivou vrstvou. Spojka byla použita pro spojení výše uvedeného kabelu. Je použitelná jak pro kabely uložené v zemi, tak pro kabely uložené v kanálech a ve vzduchu. Montáž samotné spojky je časově relativně náročná.

Spojka se skládá ze silikonových elementů pro řízení elektrického pole. Svorka se zalamovacími šrouby pro zajištění přesného momentu utažení při montáži se obalí modrou vyplňovací páskou se zvýšenou permitivitou. Na pásku se nasadí silnostěnné izolační trubice, které se teplem smrští. Nakonec se obalí měděným pleteným stínícím páskem a zaizolují se plastovou izolační trubicí, která se také smrští teplem [8]. Při montáži je důležité rovnoměrné smrštění izolačního materiálu, aby se zabránilo vzniku vzduchovým mezer, které by způsobily výskyt částečných výbojů.



Obr. 2 Postup montáže spojky [8]

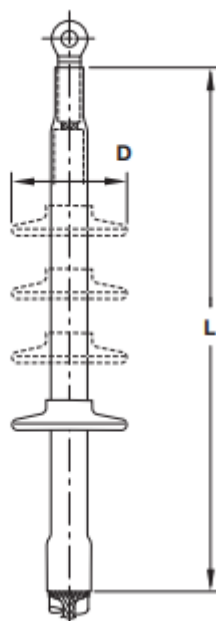
3.1.4.3. Koncovka vnitřní 22 kV

Koncovka není v projektu přímo připojována na zařízení, ale byla připojena přes T-adaptér. K těmto účelům slouží koncovka POLT - 24D 185 -240. Konstrukce koncovky je tvořena dráty stínění, které jsou uloženy v těsnící hmotě. Ukončení je chráněno, aby bylo odolné vůči svodovým proudům. Tato ochrana je zabezpečována izolační trubicí. Vnitřní strana trubice je opatřena těsnící hmotou řídící elektrické pole. [9]



Obr. 3 Kabelová koncovka pro vnitřní použití [9]

V případě nevyužití adaptéru je možné tuto spojku instalovat ve vnitřních prostorech. Pro venkovní prostory je koncovka vybavena stříškou pro odvod vody z povrchu koncovky a zamezení pohybu vody dále po kabelu.



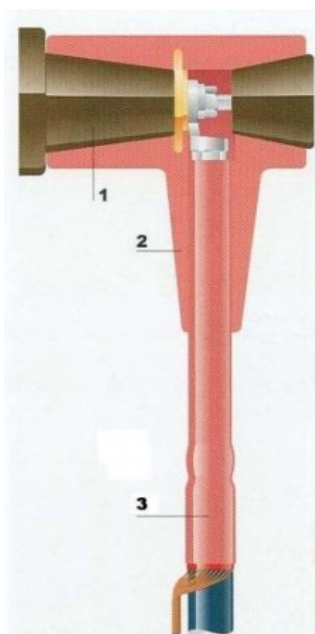
Obr. 4 Kabelová koncovka pro vnější použití [22]

L... Délka koncovky

D... Průměr stříšky

3.1.4.4. T – adaptér nestíněný 22 kV, 630 A, 240 mm², RISC-5143

Slouží pro připojení koncovek do rozvaděče VN. Utěsnění na koncovce, kuželu průchodky a zátce adaptéru zajišťuje vysokojakostní elastomer. Do rozvaděče se připojuje pomocí svorníku a kabelového oka připevněného na koncovce. Adaptér je určen pro jmenovité napětí 22 kV a jmenovitý proud 630 A. [10]



Obr. 5 T – Adaptér[10]

1. Kužel průchodky
2. Adaptér
3. Koncovka

3.1.4.5. Ball – marker

Slouží pro označení kabelu v zemi, snadnější vyhledání určitých částí kabelu a hledání poruch. Umisťuje se do míst, kde jsou zřízené spojky z důvodu rizika poruchy. Dále se umisťují do míst křížení s ostatními podzemními řádami, na začátky a konce využitých a rezervních kabelových prostupů, na vstupech do objektů a k rezervním kruhům kabelů pro zaústění do později vybudované stanice. [6].

Jsou to pasívní elektronické součástky s laděným obvodem. Pro markery silového vedení elektrické energie se využívá kmitočet 169,8 kHz. Kmitočet marker se liší pro různé druhy jednotlivých inženýrských sítí jako je voda, plyn, sdělovací vedení, atd. [6]



Obr. 6 Ball – marker [23]

3.2. Rozšíření kabelového vedení NN v Osoblaze

3.2.1. Zadávací návrh

V zadávacím návrhu byl stanovený požadavek na montáž kabelového vedení pro připojení domu č. 67 v Osoblaze na ulici Nádražní. Připojení se mělo provést kabelem typu AYKY 3 x 240 mm² + 120 mm². Ukončení se mělo provést v nově vybudované přípojkové skříni na objektu žadatele. Stávající venkovní přípojku bylo nutné demontovat. Celá stavba měla být provedena na územní souhlas.

3.2.2. Trasa vedení kabelu NN z pohledu legislativního a majetkoprávního

Jelikož se jedná o novou stavbu, je třeba zajistit příslušná majetkoprávní opatření. Trasa kabelu byla navržena dle stávajících podmínek. V oblasti stavby se nacházelo stávající kabelové vedení nízkého napětí, stávající vedení vysokého napětí a sloupová trafostanice s rozvaděčem, trasa telekomunikačního kabelového vedení, vodovod, dešťová kanalizace a na sloupech distributora elektrické energie se nacházelo veřejné osvětlení a místní kabelová televize.

V rámci trasování bylo zjištěno, že stavbou budou dotčeni pouze dva vlastníci, jelikož většina pozemků byla obecních a pouze jeden pozemek byl soukromý. V zákoně 183/2000 Sb., Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) je stanoveno, že je třeba mít souhlas dotčených orgánů, souhlas vlastníků dotčené technické infrastruktury, souhlas vlastníků dotčených pozemků s umístěním stavby a souhlas vlastníků sousedních parcel ve vzdálenosti stavby od hranice pozemku do 2 m. [2]

S dotčenými vlastníky byla uzavřena smlouva o smlouvě budoucí o zřízení věcného břemene. V rámci této smlouvy je domluvena částka k vyplacení dotčeného vlastníka. Podpis smlouvy do určité ceny je v kompetenci projektanta. V případě, že cena přesahuje kompetence projektanta, je vytvořen

formulář pro schvalovací proces, ve kterém jednotliví zástupci vlastníka projektované distribuční soustavy schvalují cenu za zřízení věcného břemene. Touto smlouvou se obě strany zavazují k následnému podpisu vlastní smlouvy, která je vytvořena po provedení stavby.

Po provedení stavby je kabel vytyčen a geodeticky zaměřen. Na základě zjištěných informací se určí přesná pozice a délka vedení a tím i míra dotčení jednotlivých pozemků. Poté je zpracována vlastní smlouva o zřízení věcného břemene, která se následně vkládá do katastru nemovitostí a na základě které je vyplacena smluvená částka. [11]

Od vlastníků pozemků do vzdálenosti dvou metrů od hranice pozemku nebylo nutné získat souhlas, jelikož se trasa kabelového vedení nacházela od hranice pozemku ve vzdálenosti větší než dva metry.

3.2.3. Trasa vedení kabelu NN z pohledu technického řešení

V rámci předprojektové přípravy jsem navštívil místo stavby a s kolegou jsem předběžně nafotil a naplánoval trasu. Umístění přípojkové skříně na budovu bylo projednáno se zástupcem žadatele pro technická řešení.

Kabel bude připojen do stávajícího rozvaděče sloupové trafostanice BR_0092 Osoblaha – Výkup. Do rozvaděče se umístí pojistky pro jištění kabelu, jejichž velikost jsem vypočetl pomocí programu SPIDER – EN. Pro kabel bylo zvoleno jištění pojistkou 315 A.

V okolí rozvaděče trafostanice se provede rozšířený výkop pro obnažení stávajících kabelových vývodů. Konkrétně se jedná o vývody kabelu AYKY 3 x 95 mm² + 70 mm² a kabel ANKOPV 3 x 120 mm² + 70 mm². Kabelová rýha pro samotný kabel bude mít ve volném terénu šířku 0,35 m a hloubku 0,8 m. Pod příjezdovou cestu k domu č. 67 je plánovaný výkop šířky 0,5 m a hloubky 1,2 m. Ve třech místech je navržen protlak pod povrchem. Jedná se o křížení komunikace a dále taky pod stromy, jelikož by v případě výkopu bylo nutné stromy odstranit.



Obr. 7 Transformátor a rozvaděč NN

Do kabelové rýhy je plánováno vložení chrániček Koruflex a Koruhard se jmenovitým průměrem 160 mm. Tak jako v předchozím případě se chráničky typu flex vkládají do lomových bodů a typu hard na rovné úseky. Zasypaním chráničky se zkrátí omezení v místě stavby. Zasypanou chráničkou se pomocí integrovaného provázku zajistí vtažení kabelu dovnitř.

Pro stavbu byl použit kabel AYKY 3 x 240 mm² + 120 mm². 240 mm² je jmenovitý průřez jednotlivých fází. 120 mm² je průřez vodiče PEN.

Na připojené budově bude montována přípojovací skříň typu SS 200, která bude sloužit pro umístění jištění připojeného objektu a také je to koncový bod distribuční soustavy. Skříň SS 200 je volena na základě zadávacího návrhu, který vyžaduje vytvoření rezervy pro vznik smyčky vedoucí k dalším odběratelům. Kabel bude do skříně zaveden skrz chráničku zděnou ve fasádě domu.

Komponenty za přípojkovou skříní jako je hlavní domovní vedení, elektroměrový rozvaděč, atd. je majetkem vlastníka připojované budovy. V případě, že je stávající přípojková skříň umístěna jinde než nová skříň, což je případ této stavby, je třeba připojit přípojkovou skříň na elektroměrový rozvaděč novým vedením. Jestliže je stavba vyvolána vlastníkem objektu, hradí si přepojení sám. V opačném případě jsou náklady na připojení zahrnuty v rozpočtu stavby a hradí je provozovatel distribuční soustavy. [12]

Pro připojení stávajícího rozvaděče bude využito místo stávající venkovní přípojkové skříně SP 100. Skříň SP 100 bude demontována včetně svodu vedeného z venkovní přípojky. Na místě demontované skříně zůstanou stávající kabely vedoucí do elektroměrového rozvaděče. Na tyto kabely

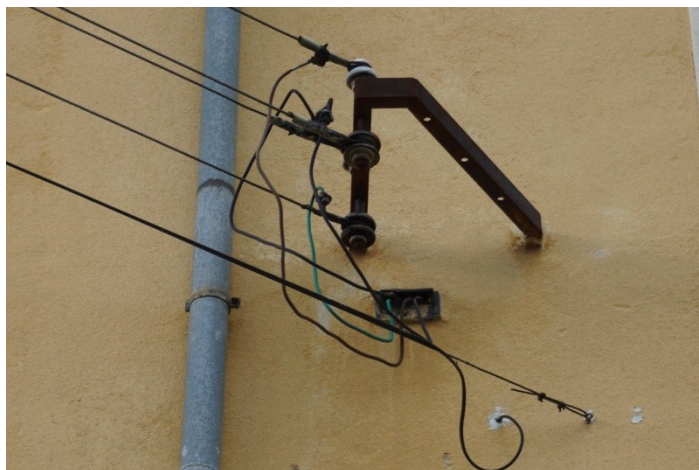
se připojí nové kabely vystupující z nově vybudované přípojkové skříně pomocí kabelových spojek smrštitelných teplem.



Obr. 8 Demontovaná přípojková skříň

Posledním úkolem zadávacího návrhu bylo řešení demontáže stávající přípojky. Stávající přípojka je tvořená venkovním vedením pomocí vodičů AlFe 4 x 16 mm². Tyto vodiče vedou z rovinné konzole betonového sloupu číslo 80 na rámovou konzoli umístěnou na budově odběratele. Jelikož se jedná o vodiče bez izolace, jsou konzole osazeny keramickými izolátory.

Jelikož se demontáží přípojky změnilo zatížení sloupu, bylo třeba zkontrolovat mechanickou pevnost sloupu. Výpočtu mechaniky sloupu bude věnována zvláštní kapitola. Stávající sloup o vrcholové síle 3 kN dle výpočtu v programu SPIDER-EN není dostačující, a proto je třeba jej nahradit novým betonovým sloupem o vrcholové síle 20 kN. Také bylo třeba zvolit vyšší sloup. Stávající sloup má výšku 9 m vč. základu. Výpočtem bylo zjištěno, že by docházelo k vytahování izolátorů, tj. tah vodičů jde částečně směrem vzhůru, tudíž je zvolen sloup výšky 10,5 m vč. základu.



Obr. 9 Demontovaná rámová konzole



Obr. 10 Demontovaný sloup JB 9/3

3.2.4. Podrobný popis vybraných materiálů pro stavbu

3.2.4.1. Kabel AYKY 3 x 240 mm² + 120 mm²

Kabel má 4 hliníková jádra obalena PVC izolací. Okolí izolace je obklopeno výplňovou vrstvou a svrchní částí izolace s PVC odolnému proti šíření plamene. Jádra kabelu jsou pro tento průřez sektorová. Pro menší průřezy bývají jádra plná. Konkrétně je hranice použití sektorových a plných jader stanovena na průřez vodiče 120 mm², přičemž se liší hranice u vodiče PEN. [13]

Jednotlivé žíly kabelu jsou barevně odlišené. Fázové vodiče mají barvu hnědou, černou a šedou. Ochranný a pracovní vodič PEN je žlutozelený. Kabel je určený pro použití ve vnitřních prostorách, v kabelových kanálech, ve venkovním prostředí a také v zemi. Maximální teplota pro provoz je 70 °C a při zkratu 160 °C, přičemž tato odolnost je garantována po dobu 5 s. [13]

Při plánování trasy je třeba brát ohled na dovolený poloměr ohybu. Dle tabulky v katalogovém listu kabelu je stanovený průměr 54 mm, tzn. že poloměr ohybu tohoto kabelu se vypočítá ze vztahu [13]:

$$r = 15 \cdot d$$

r... poloměr ohybu (mm)

d... průměr vodiče (mm)

Po dosazení získáme hodnotu:

$$r = 15 \cdot 54 = 825 \text{ mm} \rightarrow 0,8 \text{ m}$$

Při montáži je důležité znát dovolenou zatahovací sílu, která je stanovena podle vztahu [13]:

$$P = S \cdot \sigma$$

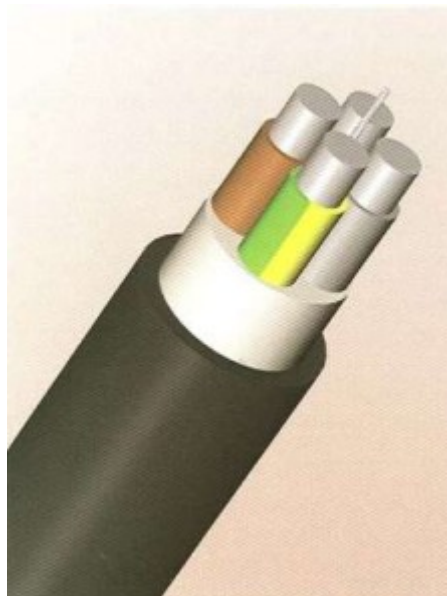
P... zatahovací síla (N)

S... průřez jádra (mm²)

σ... dovolené namáhání v tahu (N/mm²) – pro hliníkové jádro je tato hodnota 30 N/mm²

Po dosazení získáme hodnotu:

$$P = 240 \cdot 30 = 7200 \text{ N}$$



Obr. 11 Řez kabelem AYKY [13]

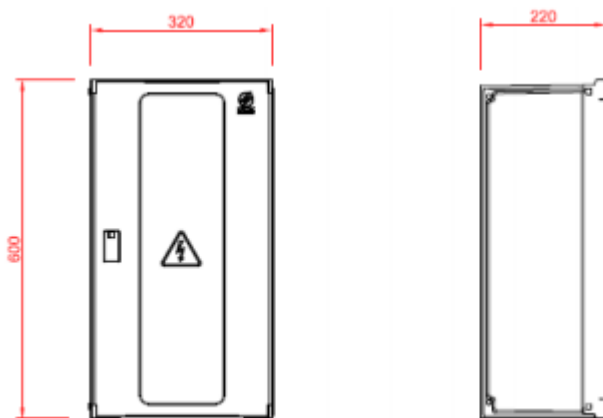
3.2.4.2. Kabelová skříň typu SS 200

Jedná se o celoplastovou skříň vyrobenou z termosetu. Skříň lze osadit dvěma pojistkovými spodky o velikosti 00. Přívodní strana má přechodový praporec pro smyčkové připojení vodičů do

průřezu kabelu 240 mm². Uzemnění se připojuje na třmenovou svoru PE/M8. Pro vývod ze skříně směrem k odběrateli je dovoleno použít kabel se jmenovitým průřezem do 50 mm². [14]

Vnější stranu dveří lze osadit alfanumerickým značením obsahující písmena A, B, C, D, E a P a čísla od 1-9999. Vnitřní strana skříně obsahuje zalamínované schéma skříně, do kterého se po montáži uvedou hodnoty pojistek a popisu směru vedení. [14]

Jedná se o nesnadno hořlavou skříň kategorie B se stupněm hořlavosti HB40, V – 0 a je uzavírána jednoduchým závěrem pro energetiku. Krytí je IP 44. [14]

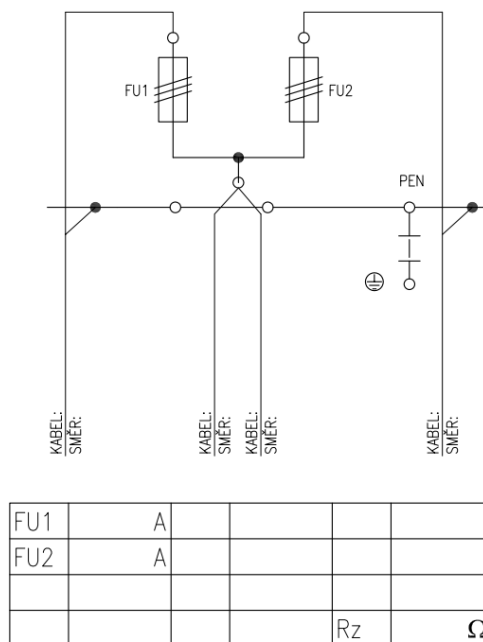


Obr. 12 Rozměry skříně SS 200 [14]

Zhotovitel:

SS 200, 201, 202

Datum:



Obr. 13 Slepé schéma do skříně SS 200, 201, 202 [22]

3.2.4.3. Výkonové nožové pojistky s charakteristikou gG, velikost 2

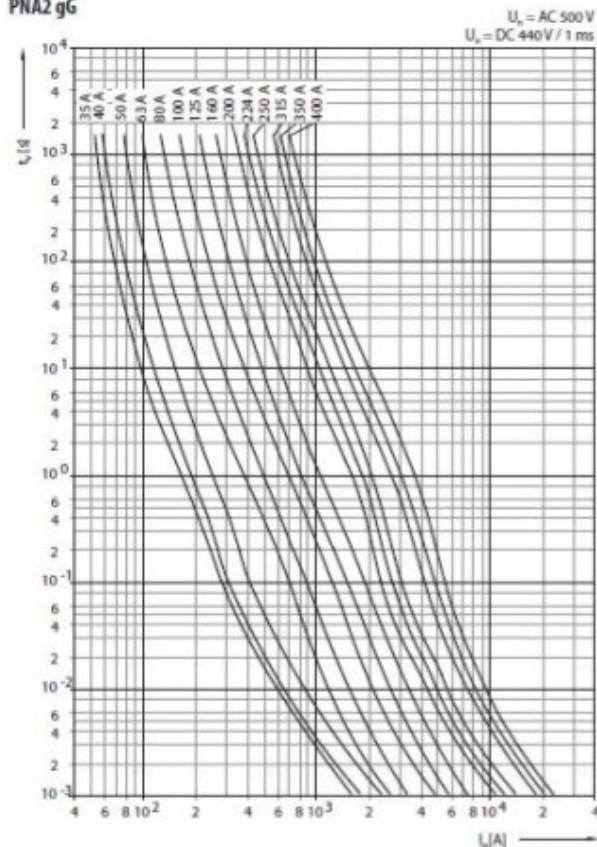
Tvoří nejslabší prvek obvodu a slouží pro odpojení elektrického vedení při poruchovém stavu. Pojistka chrání obvod především před zkratovými proudy a využívá se pro její omezovací schopnost, který zkracuje působení zkratového proudu na co nejkratší čas. Při zareagování je třeba pojistku vyměnit za novou. Vypínací schopnost pojistky je 120 kA [15]. Velikost pojistky se volí na základně vypočtené impedanční smyčky pro zajištění automatického odpojení od zdroje.

Pojistka má vnější obal vyrobený ze steatitu, který je odolný proti tepelnému přetížení. Uvnitř je měděný pojistkový prvek, tj. tavný pásek, který slouží za normálního stavu jako vodič. Zbytek pojistky je vyplněn křemičitým pískem, který slouží ke zhášení elektrického oblouku vzniklého v pojistce. [15]

Princip působení je takový, že poruchový proud přetaví měděný pásek spojující obvod. Při přetavení vznikne elektrický oblouk, který má vysokou teplotu. Vysoká teplota má za následek roztavení křemičitého písku a zvýšení tlaku v okolí hořícího oblouku. Elektrický oblouk je uhašen a pojistku je třeba vyměnit.

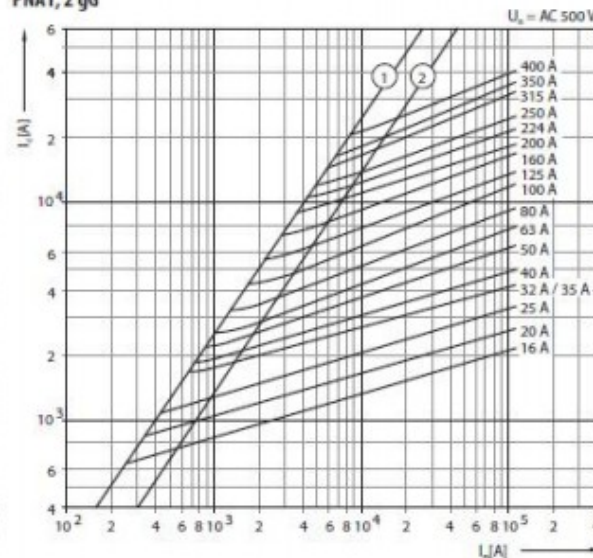
Tavná ampérsekundová charakteristika

PNA2 gG



Omezovací charakteristika

PNA1, 2 gG



Obr. 14 Ampérsekundová a omezovací charakteristika pojistky gG [15]

3.3. Volba podpěrného bodu

Při volbě podpěrného bodu jsem byl nejprve seznámen s teoretickým základem vlivů sil na podpěrné body, pro hlubší pochopení celé problematiky. Následně mě projektanti seznámili s použitím montážních tabulek a následně využití programu SPIDER-EN, který dokáže vypočítat mechaniky sloupu. Dále bude popisován teoretický základ, montážní tabulky a samotné využití projekčního programu pro zdůraznění časové a mentální náročnosti jednotlivých metod. Pro praktické projektování je využívána metoda výpočtu programem, ale je důležité, aby každý projektant znal i teoretické základy výpočtu vycházející z norem. Při práci na projektové dokumentaci jsem pracoval s vedením nízkého napětí, tedy vedením do 1 kV. Proto jsou níže položené teoretické a normou stanovené parametry vázány právě pro napěťovou hladinu do 1 kV.

3.3.1. Základní úvaha

Je třeba si uvědomit základní síly působící na podpěrný bod. Definujeme dvě základní síly, které mají vliv na stabilitu podpěrného bodu. První silou je síla svislá, která definuje únosnost podpěrného bodu. Tuto první sílu často při tvorbě dokumentace neuvažujeme, jelikož konstrukce podpěrného bodu je taková, že při standardním osazení podpěrného bodu nedojde k jeho svislému zřícení.

Druhou silou, která je pro tvorbu projektové dokumentace velice relevantní, je síla vrcholová. Jedná se o sílu působící horizontálně a její přesný směr určují atmosférické vlivy, tahy vodičů a další součástky a stroje, kterými je podpěrný bod osazen. Každý podpěrný bod má výrobcem udávanou maximální vrcholovou sílu, kterou může být daný podpěrný bod zatížen, přičemž nesmí dojít k překročení této síly. Při překročení již výrobce negarantuje únosnost.

Dalším relevantním parametrem podpěrného bodu je jeho výška. Při návrhu je třeba mimo samotné mechanické únosnosti podpěrného bodu zohlednit průvěsy zavěšených vodičů, mezifázové vzdálenosti a s tím také související výšku zavěšení vodičů nad terénem.

3.3.2. Určení vnějších vlivů

Pro zjištění vnějších vlivů působících na vedení je třeba znát námrazovou a větrnou oblast. Pro tyto účely slouží mapy námrazových a větrných oblastí. Tyto mapy nám poskytuje vlastník distribuční soustavy. Každá oblast je definována určitou barvou. Větrné oblasti jsou pro napětíové hladiny VVN, VN a NN stejné. Námrazové mapy rozdělujeme na mapy v obcích pro NN, které jsou detailnější a na mapy VVN a VN.

Tab. 1 Dělení větrných oblastí [16]

Třída	Rychlost větru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
I.	22,5
II.	25
III.	27,5
IV.	30
V.	36

Tab. 2 Dělení námrazových oblastí [17]

Třída	Námraza
I-0	bez námrazy
I-1	do 1 kg
I-2	do 2 kg
I-3	do 3 kg
I-5	do 5 kg
I-8	do 8 kg
I-12	do 12 kg
I-18	do 18 kg
I-K	nad 18 kg

3.3.3. Určení síly vodičů a vektoru stálého zatížení

Základním stálým zatížením podpěrného bodu jsou tahy vodičů při referenční teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ bez námrazy [18]. Tento tah určujeme z katalogového listu výrobce. Z katalogového listu vyčteme matematickou pevnost, kterou může být vodič zatížen. Pro výpočet poté volíme 55 % síly udávané výrobcem, aby nedošlo k přetržení vodiče při mezních stavech. 55 % této síly nazýváme mezní stav použitelnosti.

3.3.4. Síla větru

Síla větru se z pravidla pro vedení do 1 kV neuvažuje [18]. Význam má především po vysoké napětí a vyšší, jelikož jsou tato vedení umisťována mimo intravilán obcí. Avšak i pro nízké napětí je stanoven případ, kdy je třeba sílu větru zohlednit. Tento případ nastává, pokud vedení nízkého napětí prochází volným a otevřeným terénem, kde je evidentní zatížení větrem.

Jako první je důležité určit základní rychlost větru, kterou vyčteme z větrné mapy zmíněné v tabulce č. 1. Následně se z tabulky č. 3, kterou nalezneme v normě PNE-33-3302-ed.4 určí kategorie terénu, který se v místě projektovaného podpěrného bodu nachází. Pro území ČR je normou doporučeno využívat kategorie terénu II., III. a IV [18].

Tab. 3 Tabulka charakteristik terénu dle PNE 33-3302-ed.4 [18]

Kategorie terénu	Charakteristika terénu
I.	Rovná plochá krajina, bez překážek a vodní plochy
II.	Zemědělské plochy
III.	Předměstské a průmyslové plochy
IV.	Městské oblasti
V.	Hornatý a členitý terén

Na základě určení jednotlivých parametrů je třeba nyní vypočítat síly působící na jednotlivé prvky vedení. Jako první je třeba určit sílu větru působící na samotné vodiče. Vektor této síly bude v nejméně příznivém stavu směřovat v pravém úhlu na směr vedení. Na jednotlivé podpěrné body ve stanoveném rozpětí pak logicky působí přesně polovina celkové síly působící na vodiče. Pro výpočet je stanoven v normě PNE 33-3302-ed.4 stanoven vzorec [18]:

$$Q_{wc} = q_p \cdot G_c \cdot C_c \cdot d \cdot L \text{ (N)}$$

$q_p \dots$ maximální tlak větru pro výšku vodiče rovnou výšce závěsného bodu (Pa)

$G_c \dots$ součinitel rozpětí (-)

$C_c \dots$ součinitel aerodynamického odporu vodiče (-)

$d \dots$ průměr vodiče (m)

$L \dots$ délka rozpětí (m)

Průměr vodiče lze zjistit s katalogového listu použitého vodiče. Délka rozpětí je známa z projektové dokumentace. Součinitel aerodynamického odporu vodiče se volí pro dle normy 1 pro všechny průměry vodičů a 1,1 pro všechny průměry omrzlých vodičů. Součinitel rozpětí a tlak větru se určí z tabulky č. 4, kterou lze najít v normě PNE 33-3302-ed.4 [18]. Pro názornost zde uvedu tabulku hodnot pro kategorii terénu III.

Tab. 4 Hodnoty pro výpočet zatížení vodičů větrem pro terén III. [18]

Větrová oblast	Rychlost větru	Maximální tlak větru	Součinitel rozpětí	
	do 24 m	do 24 m	do 50 m	do 100 m
I.	17,4	534	0,74	0,62
II.	19,3	659	0,74	0,62
III.	21,2	798	0,74	0,62
IV.	23,1	949	0,74	0,62
V.	27,8	1367	0,74	0,62

Další silou je síla větru působící na samotný podpěrný bod. Uvedu zde vztah pro výpočet zatížení sloupů s kruhovým průřezem, jelikož jsem se při tvorbě projektové dokumentace zabýval výhradně sloupy. Používaný vztah je stanovený normou PNE 33-3302-ed.4 [18].

$$Q_{Wpol} = q_p \cdot G_{pol} \cdot C_{pol} \cdot A_{pol} \text{ (N)}$$

$q_p \dots$	maximální tlak větru (Pa)
$G_{pol} \dots$	dynamický součinitel (-)
$C_{pol} \dots$	součinitel aerodynamického odporu (-)
$A_{pol} \dots$	plocha sloupu vzniklá promítnutím na svislé ploše kolmé ke směru větru (m ²)

Maximální tlak větru se určí z tabulky č.4. Dynamický součinitel je pro podpěrné výšky do 20 m nad zemí roven 1. Součinitel aerodynamického odporu je pro kruhový průřez sloupu udáván v normě PNE 33-3302-ed.4 a jeho hodnota je 0,7 [18]. Plochu sloupu určíme z rozměrů sloupu udávané v katalogovém listu výrobce.

Síla větru na ostatní výzbroj sloupu jakou jsou izolátory, armatury a konzole se zanedbává [18].

3.3.5. Vliv námrazy

Námraza vzniklá na vodiči zvyšuje jeho celkovou hmotnost a tato hmotnost zapříčiní vznik nové síly, která působí svisle na vodiče. Tímto svislým zatížením dojde ke zvýšení tahu vodičů. Zatížení námrazou se neuvažuje pro podpěrné body, izolátory, konzoly a armatury.

Pro výpočet je nutné si jako první určit námrazovou oblast z tabulky č. 2. Uvažuje se s námrazou o hustotě 500 kg/m³ [18]. Dále je třeba zjistit průměr vodiče, který je dán katalogem výrobce vodiče. Následně se dle tabulky v normě PNE 33-3302-ed.4 zjistí referenční zatížení námrazou. Pro názornost zde uvedu zatížení pro námrazovou oblast I-0, jelikož se zpracovávané stavby nacházely převážně v oblasti s definovanou námrazovou oblastí I-0.

Pro námrazovou oblast I-0 je dáno zatížení 1,064 + 0128 d (N/m) pro průměr do 30 mm včetně. Pro průměr větší než 30 mm se uvažuje zatížení 3,963 + 0,0314 d (N/m) [18]. Tímto jsme získali zatížení námrazou na jednotku délky. Tato hodnota se dá ještě redukovat součinitelem zatížení dle úrovně spolehlivosti, ale pro distribuční soustavu se volí životnost 50 let a pro tuto dobu je činitel volen roven 1 [18].

Posledním krokem je výpočet samotné síly působící svisle na vodiče. Tato síla je dána vztahem [18]:

$$Q_I = L \cdot l_d \text{ (N)}$$

$L \dots$	délka vedení (m)
$l_d \dots$	zatížení vodiče námrazou na jednotku délky (N/m)

Pro působení síly stačí uvažovat polovinu délky rozpětí, jelikož druhou polovinu ponese podpěrný bod na druhé straně rozpětí vedení.

3.3.6. Vliv teploty

Teplota ovlivňuje tah a průvěs vodičů. Normou jsou stanoveny mezní kontrolované teploty pro jednotlivé typy výše zmíněných zatížení. Pro kontrolu se uvažují následující stavy, kterým musí vedení vyhovět.

Tab. 5 Mezní teploty pro jednotlivá zohlednění jednotlivých zatížení [18]

Typ zatížení	Teplota (°C)
Nejvyšší navrhovaná teplota vodičů	40
Nejnižší navrhovaná teplota vodičů	-30
Teplota vodičů při zatížení větrem	40
Teplota vodičů při zatížení námrazou	-5
Teplota vodičů při zatížení námrazou a větrem	-5

Při křížení vedení je třeba u horního vedení uvažovat nejvyšší navrhovanou teplotu. U nejnižšího vedení se uvažuje teplota 40 °C [18]. Je to z důvodu, že průvšem výše položeného vedení by mohlo dojít k překročení minimální fázové vzdálenosti mezi vodiči.

3.3.7. Minimální vzdálenosti

Posledním parametrem, který je třeba znát při návrhu podpěrných bodů, jsou normou stanovené vzdálenosti mezi vodiči a mezi vodiči a okolními objekty. Normou PNE-33-3302 ed.4 je stanovena široká škála vzdáleností, které však nebudu detailně popisovat.

Vybral jsem si vzdálenosti, které jsem při tvorbě jedné projektové dokumentace musel zohlednit. Při řešení projektové dokumentace v Osoblaze, jsem plánoval výměnu podpěrného bodu pro vedení holými vodiči AlFe. Vzdálenost mezi podpěrnými body nepřesahuje 45m. Zohlednit jsem musel vzdálenosti porostů, průvěsy vodičů nad komunikacemi a terénem, mezifázové vzdálenosti, vzdálenosti od vodivých částí podpěrných bodů, a jelikož se na podpěrných bodech nacházela kabelová televize a veřejné osvětlení, tak i od těchto inženýrských sítí.

Nejkratší vzdálenost mezi neizolovanými vodiči je stanovena vztahem [18]:

$$b_{\text{emp}} = 0,004 \cdot L + 0,12 \text{ (m)}$$

L ... délka rozpětí

Vzdálenost od vodivých částí podpěrných bodů zajišťují izolátory. Mimo upevnění na izolátory nesmí být vzdálenost vodiče od podpěrného bodu menší než 0,1 m [18].

Nejkratší vzdálenost k zemi se volí na základě umístění vedení. Pro volně přístupná místa je tato vzdálenost 6 m [18].

Nejkratší vzdálenost od porostů jsem volil 1 metr vedle vedení [18]. Jelikož se jednalo o stavbu v zastavěném území, je lepší předpokládat možnost výstupu osob na stromy. Vzdálenost pod vedením jsem neuvažoval, jelikož se pod vedením porosty nevyskytovaly.

Vzdálenost od povrchu komunikace jsem zvolil pro komunikace II. třídy, místní a účelová komunikace. Tato vzdálenost je minimálně 6 m [18].

Vzdálenost od komunikačního vedení je při souběhu 0,7 m. Pro veřejné osvětlení platí vzdálenost stejná, jako pro vzdálenost mezi fázovými vodiči [18].

3.3.8. Využití montážních tabulek vodičů

Jak je z předchozích kapitol zřejmé, je výpočet sil na podpěrný bod časově i matematicky náročný. Zejména teplota má velký vliv nejen na tahy vodičů, ale také na jeho průvš. Z tohoto důvodu se pro projekční činnost využívají montážní tabulky vodičů, které vygenerují výpočetní data v závislosti na teplotě a délce rozpětí.

Pro demonstraci použití jsem zvolil vodič AES 4 x 120 mm², jelikož se v současnosti používá pro realizaci nadzemního vedení o napěťové hladině 0,4 kV. Pro zadání do softwaru pro vygenerování

montážních tabulek jsem zvolil rozpětí 10 až 50 m s krokem 5 m. Normu, dle které je výpočet prováděn jsem zvolil ČSN EN 50 341 (2016). Námrazovou oblast IO. Maximální namáhání vodičů jsem volil 55 % namáhání maxima stanoveného výrobcem.

Rozp./Tepl.	-30	-20	-10	-5	0	10	20	30	40	60	-5 + N
10.0	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08	0.12	0.15	0.17	0.20	0.24	0.07
15.0	0.05	0.08	0.12	0.14	0.17	0.21	0.25	0.29	0.32	0.37	0.16
20.0	0.12	0.17	0.23	0.25	0.28	0.33	0.38	0.42	0.46	0.53	0.27
25.0	0.24	0.30	0.37	0.40	0.43	0.48	0.53	0.58	0.62	0.71	0.41
30.0	0.40	0.47	0.54	0.57	0.60	0.66	0.72	0.77	0.82	0.91	0.59
35.0	0.60	0.68	0.75	0.78	0.81	0.87	0.93	0.98	1.04	1.13	0.80
40.0	0.84	0.92	0.98	1.02	1.05	1.11	1.17	1.23	1.28	1.39	1.04
45.0	1.11	1.18	1.25	1.29	1.32	1.39	1.45	1.51	1.56	1.67	1.31
50.0	1.41	1.49	1.56	1.59	1.62	1.69	1.75	1.81	1.87	1.98	1.61

Obr. 15 Průhyb vodičů v závislosti na teplotě a rozpětí v m

Rozp./Tepl.	-30	-20	-10	-5	0	10	20	30	40	60	-5 + N
10.0	10.43	7.17	4.31	3.26	2.54	1.78	1.41	1.20	1.06	0.88	3.73
15.0	8.81	5.95	3.91	3.26	2.79	2.21	1.86	1.64	1.47	1.25	3.92
20.0	6.97	4.91	3.66	3.26	2.94	2.49	2.19	1.97	1.81	1.57	4.03
25.0	5.51	4.29	3.53	3.26	3.03	2.69	2.43	2.23	2.07	1.84	4.10
30.0	4.66	3.94	3.45	3.26	3.09	2.82	2.60	2.43	2.28	2.06	4.14
35.0	4.21	3.75	3.40	3.26	3.13	2.91	2.73	2.58	2.45	2.24	4.17
40.0	3.94	3.62	3.37	3.26	3.16	2.98	2.83	2.70	2.58	2.39	4.19
45.0	3.78	3.54	3.34	3.26	3.18	3.03	2.90	2.79	2.68	2.51	4.21
50.0	3.66	3.48	3.33	3.26	3.19	3.07	2.96	2.86	2.77	2.61	4.22

Obr. 16 Tahové síly vodičů v závislosti na teplotě a rozpětí v kN

Ve vypočtených datech si jako první nalezneme rozpětí, které v projektované trase řešíme. Následně vybereme hodnoty pro teploty, které stanovuje norma, viz kapitola 3.3.6.

3.3.9. Volba podpěrného bodu pomocí sčítání vektorů

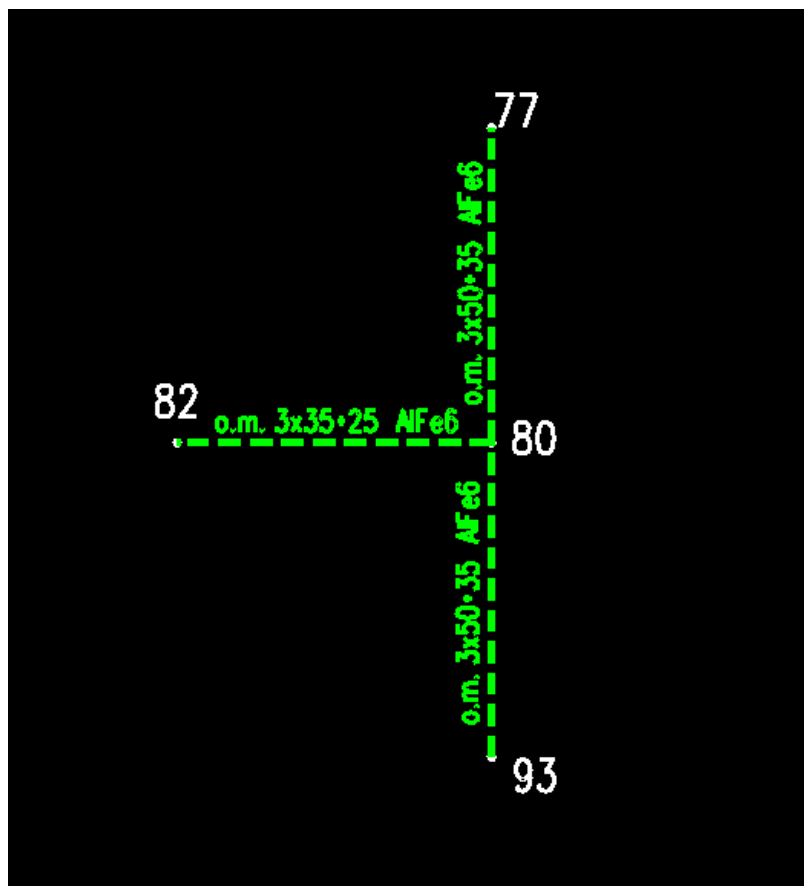
Pro volbu podpěrného bodu si zvolím konkrétní případ při výměně podpěrného bodu v Osoblaze. Jak už bylo zmíněné, změni se demontáží přípojky tahové poměry ve vedení. Zde bylo nutné podpěrný bod č. 80 přepočítat pro zajištění bezpečného provozu.

Jako první jsem si z montážních tabulek určil tahové síly a průvěsy vodičů na dané rozpětí. Poté jsem si nakreslil postavení podpěrných bodů vůči sobě. Následně si tahové síly jednotlivých vodičů zakreslím, jako vektory ve směru jednotlivých podpěrných bodů od podpěrného bodu č. 80. Pomocí sčítání vektorů se zjistí celkový tah na podpěrný bod a jeho směr.

Nyní je třeba zohlednit vnější vlivy působící na vedení. Námrazu a teplotu nám určily montážní tabulky, tudíž tyto vlivy už dále nepřipočítáváme. Zohledňujícím parametrem je nyní vítr. Vzhledem k umístění stavby jsem však tento vliv mohl zanedbat a považovat výslednou sílu za konečnou. V případě, že bych vítr musel zohlednit, pokračoval bych dle výše zmíněných teoretických základů a určil si sílu větru působící na daný podpěrný bod a vodiče. Směr síly vyvolané vlivem větru na podpěrný bod bych umístil do výslednice namáhání vodiči. Směr síly vyvolané vlivem větru na vodiče bych umístil do pravého úhlu na směr vedení.

Tab. 6 Parametry vedení

Typ vodiče	Délka rozpětí	Tah vodiče (-30 °C)	Průhyb vodiče (40 °C)
AlFe6 3x50+35 (80-93)	36 m	7,01 kN	1,06 m
AlFe6 3x50+35 (80-77)	39 m	7 kN	1,11 m
AlFe6 3x35+25 (80-82)	24 m	3,54 kN	0,15 m



Obr. 17 Postavení podpěrných bodů vůči sobě

Jak je z postavení popěrných bodů zřejmé, tak vliv podpěrných bodů 77 a 93 se téměř vyruší. Je zde pouze rozdíl v rozpětí, tudíž síla směřuje k podpěrnému bodu 77 a tato síla je 10 N. Následně připočteme vliv podpěrného bodu 82. Zde je tah vodiče 3,54 kN. Jelikož 10 N je v porovnání se 3,54 kN zanedbatelná síla, můžeme prohlásit, že výsledný tah na podpěrný bod je 3,54 kN.

Dalším krokem návrhu je výška podpěrného bodu. Od místa uchycení na podpěrném bodě se odečte průvės vodiče a zjistí se tak celková výška nad terénem a komunikací.

Nyní přejdeme už k samotnému vyhodnocení výsledků. Pro tuto volbu si vypíšu parametry stávajícího podpěrného bodu a parametry vyšších a silnějších podpěrných bodů. Jelikož výsledek znám, uvedu podpěrný bod stávající a nový.

Tab. 7 Parametry stávajícího a nového podpěrného bodu

Typ podpěrného bodu	Vrcholová síla (kN)	Výška sloupu nad terénem (m)
JB 9/3	3	7,5
JB 10,5/20	20	8,6

Jak je zřejmé, vrcholová síla stávajícího podpěrného bodu je pouze 3 kN. Výsledný tah nám vyšel vyšší, a proto je nutné nahradit stávající podpěrný bod za silnější. Přestože by stačilo použít vyšší řadu, tj. 6kN sloupy, zkušenější projektant mi doporučil volit 20kN sloup. Důvodem pro volbu silnějšího podpěrného bodu byla přítomnost veřejného osvětlení a telekomunikačního vedení.

Výška podpěrného bodu je vyhovující už u stávajícího podpěrného bodu, ale znovu zasáhla zkušenost projektanta, který mě upozornil na přítomnost vyšších podpěrných bodů v okolí. Tyto podpěrné body zvyšují tah na izolátory směrem vzhůru a ty by se poté měly tendenci vytahovat ven. Přeměřením vzdálenosti od okolních objektů bylo zjištěno, že vzdálenosti vyhovují.

Posledním krokem určení je kontrola sil působící na jednotlivé izolátory a konzole. Tyto prvky mají od výrobce stanovené namáhání, které se nesmí překročit. Použité prvky této kontrole vyhovovaly a tím je volba podpěrného bodu hotová.

Poslední myšlenkou, kterou je třeba zohlednit při vytváření projektové dokumentace je postup výstavby podpěrného bodu. Při demontáži jednotlivých úseků vedení se zvyšuje tah u okolních podpěrných bodů, proto je vhodné zřídít pro tyto podpěrné body provizorní kotvení.

3.3.10. Volba podpěrného bodu výpočtním softwarem

Využití softwaru tak jako i v jiných odvětvích urychluje práci a také snižuje riziko chyby při výpočtu, ale je vhodné znát teorii a ruční výpočet pro odhalení případného selhání softwaru.

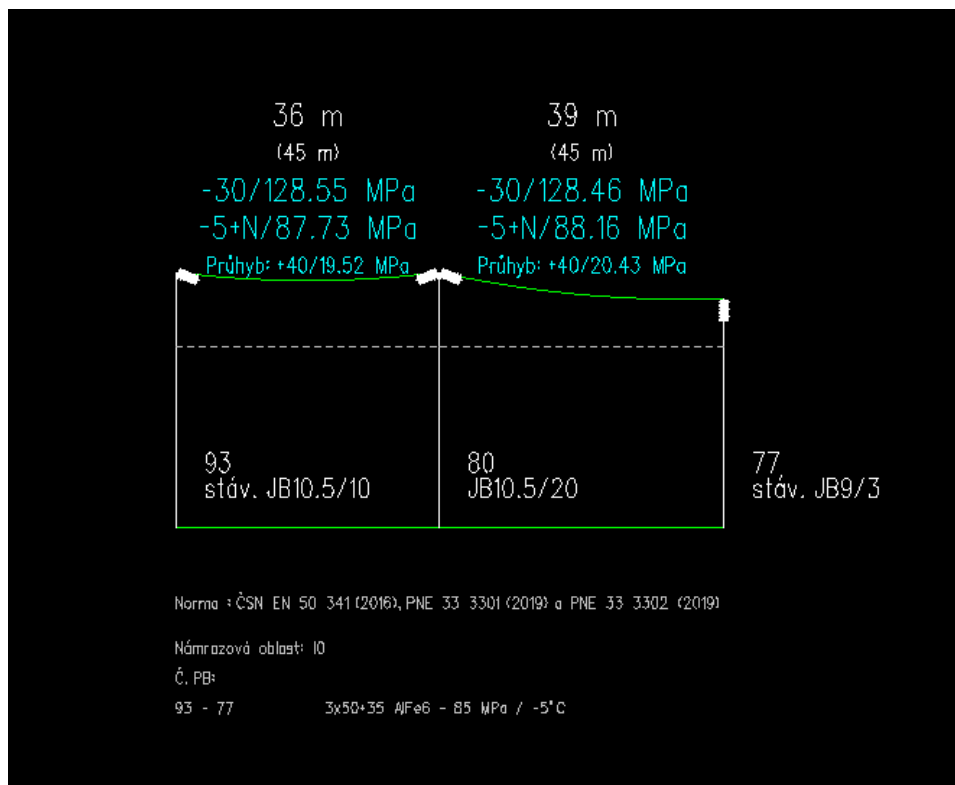
Pro výpočet je používán již výše zmiňovaný software SPIDER-EN, který slouží pro kreslení projektové dokumentace. Jeho výhodou je právě možnost vypočtení mechanik podpěrných bodů, ale také slouží k návrhu jištění, kterým se budu zabývat později.

Ve vlastnostech projektu si jako první vypíšeme úseky vedení, které budeme chtít při výpočtech řešit a přiřadíme jim čísla úseků. Kliknutím na příslušný podpěrný bod otevřeme nabídku pro nastavení parametrů. Zvolíme typ podpěrného bodu, konzole a jejich umístění, izolátory a následně přiřadíme na konzole jednotlivé úseky vedení. Při přiřazování úseků vedení je také nutné zvolit přesné umístění jednotlivých vodičů na konzoli.

Dalším krokem je vytvoření výkresu, ve kterém nakreslíme pozice podpěrných bodů vzhledem ke kontrolovanému podpěrnému bodu, tak jako při ručním výpočtu pomocí skládání vektorů. Následně tyto body spojíme pomocí vodiče. Vodičům a podpěrným bodům přidáme odkaz na hlavní výkres a zadané úseky vedení.

Posledním krokem je zadání pro výpočet mechaniky sloupu a vykreslení podélného profilu vedení. Zvolí se také příslušné námrazové oblasti a namáhání vodičů. Vytvoří se protokol o výpočtu a tento výpočet je následně zkontrolován. Pokud ve výpočtu není nalezen žádný problém, umístí se tento protokol do projektové dokumentace. Podélný profil vedení nám znázorní průběhy vodičů a jejich výšku nad terénem. Graficky je zde vykreslena minimální vzdálenost od země a na základě toho můžeme zkontrolovat správnost řešení.

Tímto výpočtem jsem si ověřil úvahu zmiňovanou v kapitole 3.3.9.



Obr. 18 Výkres podélného profilu vedení

3.4. Návrh jištění

Pro výpočet a návrh jištění využíváme normu PNE-33-0000-1 ed.6. Tak jak u výpočtu mechaniky podpěrných bodů jsem byl na pracovišti seznámen s teoretickými úvahami výpočtu jištění a také s využitím programu SPIDER-EN.

3.4.1. Teoretické základy pro výpočet jištění elektrických distribučních sítí

Jištění nám zajišťuje automatické odpojení od zdroje při poruchovém stavu, přičemž nesmí být překročen čas odpojení 30 s. Pro výpočet je nutné znát celkovou impedanci vedení od zdroje k místu poruchy, přičemž platí následující vztah [19].

$$Z_s \cdot I_a \leq c \cdot U_0$$

Z_s ... Impedance poruchové smyčky (Ω)

I_a ... Proud zajišťující působení ochranného přístroje (A)

c ... Koeficient určený dle normy ČSN EN 60909-1 (33 3022)

U_0 ... Jmenovité napětí proti zemi (V)

Pro výpočet proudu je nutné nyní se vzorce vyjádřit složku proudu. Vznik nám tedy vztah [19].

$$I_a \leq \frac{c \cdot U_0}{Z_s}$$

Pro dosazení koeficientu c využijeme normu. Tento koeficient má pro síť 230/400 V stanovenou hodnotu 0,95. Jmenovité napětí proti zemi je v sítích nízkého napětí 230 V. Impedanci poruchové smyčky musí zahrnovat všechny složky impedance od zdroje transformátoru po nejvzdálenější místo

navrhované trasy vedení [19]. Impedance vodičů fázového vodiče a vodiče PEN je stanovena výrobcem a je udávána na jednotku délky (nejčastěji 1 km). Impedanci ovlivňuje také průběžné uzemnění ve trase vedení, avšak norma počítá s nejhorší variantou, tj. průběžně neuzemněná síť.

Celková impedance bude tedy součet fázového vodiče a vodiče PEN. V případě zahrnutí průběžného uzemnění by se výpočet stal složitější. V takovém případě, bychom si vodič PEN museli rozdělit na úseky rozdělené průběžnými uzemňovacími body sítě. V těchto úsecích bychom přidali další odpor vůči zemi, který by respektoval odpor zemniče a jeho přechodový odpor vůči zemi.

Po dosažení získáme výslednou hodnotu proudu pro zajištění působení ochrany a na základě této informace přejde k návrhu jištění. Volba jisticího prvku nesmí mít svou jmenovitou hodnotu proudu vyšší než je vypočtený proud zajišťující působení ochrany. V případě, že by k takové situaci došlo, mohlo by se stát, že při poruše v určité vzdálenosti od zdroje již ochrana nevybaví.

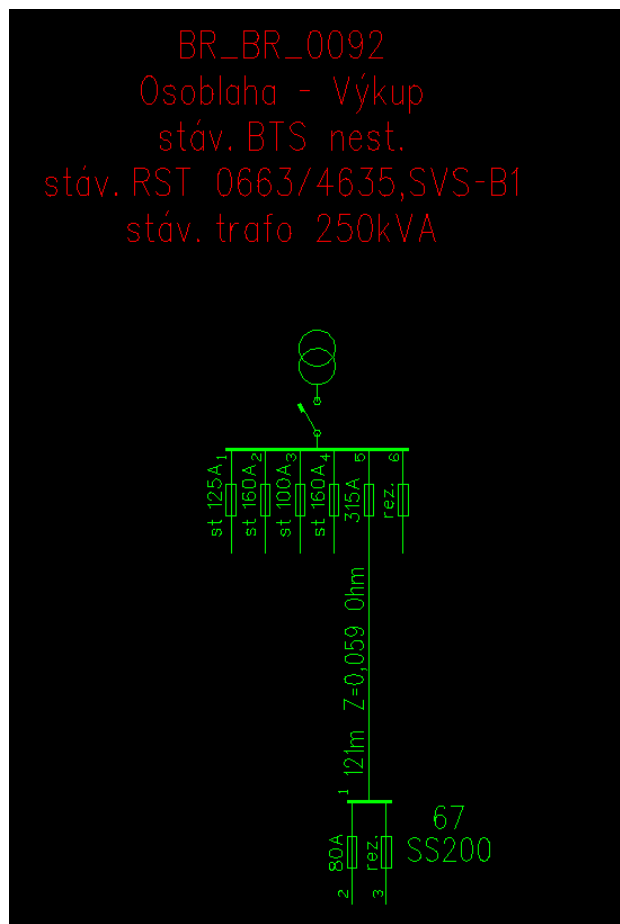
Dalším parametrem, který je třeba zohlednit je maximální proudová zatížitelnost jednotlivých vodičů. Zvolené jištění tedy nesmí přesáhnout hodnotu proudu pro vybavení ochrany a zároveň nesmí přesáhnout hodnotu maximální proudové zatížitelnosti kabelu.

3.4.2. Návrh jištění za využití softwaru SPIDER – EN

Při vytvoření jištění v programu dojde znovu ke znatelné úspoře času. V programu se vytvoří jednopólové schéma zahrnující všechny části obvodu od trafostanice po koncový bod trasy.

Vytvořenému schématu se přiřadí typ trafostanice, typ vedení a další informace vycházející z hlavního výkresu. Délka trasy je vypočtena také pomocí programu, který nabízí možnost přepočítat délky tras. Jakmile máme všechny tyto podklady zajištěné, zvolíme v nabídce návrh jištění. Následně jsou pojiskám a trasám přiřazeny hodnoty jištění a celková impedance.

Po vytvoření je schéma jištění hotové a jednopólové schéma se vkládá do projektové dokumentace.



Obr. 19 Jednopolové schéma návrhu jištění

3.5. Rozpočet stavby

Tvorba rozpočtu tvoří nedílnou součást projektové dokumentace. Přestože je to až jedna ze závěrečných činností jedná se o jednu z nejsložitějších. Při své praxi jsem byl kolegy instruován o základních pravidlech, často používaných materiálech a různých dalších položkách, které člověk bez zkušenosti nemůže znát. Dále bych se tedy chtěl věnovat postupům tvoření rozpočtů a softwaru KROS.

3.5.1. Postup tvoření rozpočtu

Prvním krokem pro vytvoření kvalitního rozpočtu je kvalitní a přehledný výkres. Základní dělení výkresů je výkres montáží a výkres demontáží. Ve výkresu demontáží přehledně zakreslíme veškerý demontovaný materiál. Do výkresu montáží se zakresluje nově plánovaná stavba.

Dále budeme pokračovat montážními pracemi a materiály. Dalším krokem je rozdělení stavby na příslušné úseky, které budou stavbu logicky dělit na určité množství úseků. Význam rozdělení stavby na úseky najdeme především v možnosti si celý rozpočet zkontrolovat, případně přenechat kontrolu zkušenějším kolegům. Pro nadzemní vedení se nejčastěji dělí úseky podle čísel podpěrných bodů, tj. řešeny jsou úseky mezi jednotlivými podpěrnými body. Pro podzemní kabelová vedení se využívá rozlišení podle typu krytí kabelu (volný terén, komunikace, chodník). Dalšími logickými úseky bývají vstupy do trafostanic, rozpojovacích skříní, přípojkových skříní, místa protlaků a další. Rozdělení úseků závisí pouze na pocitu projektanta, příp. domluvě s kontrolujícím projektantem. Pro kabelová vedení je vhodné si zakreslit předpokládaný vzhled výkopu v jednotlivých úsecích trasy.

Třetím krokem je vytvoření tabulkového dokumentu. Do sloupců tohoto dokumentu si zapíšeme jednotlivé úseky, které jsme si ve výkresu vytvořili. Řádky budou tvořit použitý materiál. Poslední sloupec slouží pro zaznačení měrné jednotky materiálu, čísla ZMP a pro celkový součet daného materiálu v jednotlivých úsecích. Tyto údaje zjistíme z databáze vlastníka distribuční sítě, kterou je možné stáhnout na jeho webových stránkách.

V databázi se nachází kód položky a měrná jednotka. Dalšími důležitými informacemi je region použití daného prvku. Regiony se dělí na západ, východ, sever, střed a morava. V neposlední řadě je třeba zjistit, jestli daný prvek obsahuje cenu i s montáží a případně dalšími nutnými součástmi pro kompletaci (např. oka koncovek). Tyto informace získáme po otevření detailů o dané položce.

Nyní přejdeme k samotným položkám. Pro vyplnění rozpočtu je vhodné si i samotné položky rozdělit podle logických souvislostí. Základním rozdělením je dělení na materiál, práci a prvky související s výkopovými pracemi. Pro ještě vyšší míru transparentnosti můžeme rozdělit položky na skříně, podpěrné body, vodiče a další. Pro samotné vyplnění jednotlivých položek se postupuje po jednotlivých úsecích od pomyslného začátku vedení až po jeho konec. Myšlenka je taková, že si jednotlivé kroky výstavby v hlavě představuji a snažím se o zapsání veškerých nutných položek. Pro tyto části se velice dobře uplatňují zkušenosti z praxe na montážích. Často není problém zapsat základní a nejdůležitější položky stavby.

Problém nastává při zkoumání detailů. Celkově je databázový systém pocitově zastaralý a především vzhled způsobuje zmatek. V databázi jsou uvedeny prvky používané i nepoužívané, nalezneme zde také duplikáty jednotlivých položek. Pro příklad jedna z položek obsahuje cenu za práci a druhá zase ne, přestože se jedná o tu samou položku. Dalším problematickým krokem je samotné vyhledávání prvků, jelikož prvky nejsou abecedně ani jinak seřazeny. Obrovskou chybou je nulová intuitivnost programu, kdy stačí ve vyhledávání místo zkratky napsat celý název prvku a program hlásí neexistující prvek, jelikož má v sobě zadaný název se zkratkou (př. trafo, transformátor). V této situaci se projektant bez zkušeností zastaví a v podstatě není schopen sám přijít na případné chyby. Proto je zde nutná asistence zkušeného projektanta, který ví co přesně hledat a ze zkušenosti ví, co v rozpočtech často chybí.

Po zapsání všech potřebných prvků se nyní do tabulky uvádí počty jednotlivých prvků pro dané úseky. Tyto úseky se poté sečtou a vznikne nám celkové množství použitého materiálu a prací. Z tabulky si vytvořím zjednodušenou kopii obsahující pouze kód prvku a množství prvku.

Obdobný postup platí pro demontáže.

3.5.2. Systém KROS+

Pro konečné zhotovení rozpočtu stavby je nutné využít výše uvedený program. Tento program je ve vlastnictví vlastníka distribuční soustavy a je přímo spojený s databází použitou v předchozí kapitole.

Pro připojení do systému se využívá vzdálený přístup a následně odkaz, kterým se do systému přihlásíme. Ověření se provádí přes mobilní telefon. Po přihlášení do systému je nutné založit složku stavby. Při založení se vyplňují základní údaje jako je například název, číslo stavby investora a technik investora zodpovědný za odevzdání stavby projektantem.

Nyní je třeba stavbu rozčlenit na jednotlivé stavební a technologické části. Členění vychází z metodiky investora a slouží pro lepší orientaci v rozpočtu [20]. Příkladem členění je rozdělení na výstavbu kabelového vedení, stavební rekonstrukce transformátorových stanic, technologie trafostanic (rozvaděče, vlastní spotřeba) a samotný transformátor. Výše zmíněné členění bylo využito pro rekonstrukci kabelového vedení vysokého napětí v Opavě.

Po rozčlenění je možné rozčlenit jednotlivé objekty na další dílčí objekty, které dodávají konečnému rozpočtu na přehlednosti. Každopádně dělení na dílčí objekty již není nutné a záleží na uvážení projektanta, případně požadavcích investora.

Jakmile je vše připraveno a rozčlenění je dostačující, přejdeme k samotnému zápisu jednotlivých materiálů a prací do rozpočtu. Pro zápis využíváme kódy ZMP, které jsem zmiňoval výše. Tyto kódy zadáváme do vyhledávače a po otevření příslušného prvku zvolíme jeho množství. Také zde zvolíme, jestli se jedná o montáž nebo demontáž tohoto prvku.

Po zapsání všech prvků do rozpočtu se vytvoří rekapitulace jednotlivých objektů a následně rekapitulace celkového rozpočtu stavby. Po rekapitulaci se nám v systému objeví celková cena za stavbu, ale také ceny dílčích objektů. Mimo celkovou cenu se vygeneruje tabulkový soubor obsahující rekapitulaci rozpočtu. V souboru nyní projektant může změnit některé části a přidat celkovou cenu projektové dokumentace. Jedná se například o náklady na uzavření věcných břemen, náklady na zábor ploch obcí a další náklady spojené se stavbou. Pro příklad uvedu náhradu zničených plodin vlastníkům dotčených pozemků. Rekapitulace obsahuje kromě celkového formuláře s cenou také soupis všech použitých prvků.

Po získání celkové ceny přejdeme ke kontrole rozpočtu. Základním kontrolním bodem je celková cena a cena předpokládaná v zadávacím návrhu. Je žádoucí mít tyto dvě ceny přibližně stejné. V případě, že konečná cena je výrazně vyšší, než cena předpokládaná, je do budoucna často nutné obhájit rozpočet investorovi.

V případě, že v rozpočtu nebyla nalezena chyba, je třeba označit rozpočet za konečný. Informace z vytvořeného rozpočtu jdou do centrální databáze ÚRS, která mimo jiné stanovuje ceny za práci, materiál a hodinové sazby. Investor přijme data z centrální databáze a následně provede vyhodnocení rozpočtu. Neschválený rozpočet je předložen projektantovi k opravě. V případě schválení je projektant o tomto schválení informován a může považovat rozpočet za dokončený.

Rozpočet je nyní uložen do archivu investora a dojde k výběrovému řízení na zhotovitele. Po dokončení výběrového řízení je rozpočet dodán zhotoviteli včetně materiálu. Tento princip však funguje pouze u standardních materiálů investora, který má pro většinu materiálů předem stanoveného dodavatele. V případě nestandardních materiálů projektant pouze uvede cenu na daný materiál a dodavatele si volí zhotovitel sám. Nestandardní materiály se nejčastěji vyskytují u projektování rozvodů.

3.6. Dílčí dokumenty pro zhotovení projektové dokumentace

Jelikož je projektant ve firmě zodpovědný za dodání celkové dokumentace připravené pro stavbu, musí zajistit příslušné dokumenty a dodatečné projektové dokumentace. Pro tyto dokumenty se využívají externí firmy.

Prvním krokem je zajištění podkladů geodetickým zaměřením a podkladů dodávané investorem. Pro geodetické zaměření je firmě zaslán zadávací návrh investora, ve kterém je zaznačeno umístění a předpokládaná trasa stavby. K zadávacímu návrhu je přiložen rozsah požadovaných prací a termín dodání. Termín dodání se volí s ohledem na rozsah stavby, nejčastěji však 30 dní. Po dokončení geodetického měření je konečný produkt zaslán projektantovi ke schválení. Geodetické zaměření následně slouží jako podklad pro navržení trasy. V zaměření je zakresleno skutečné umístění distribuční sítě, stromy, chodníky, cesty a všechny další důležité informace o terénu v okolí stavby. Podklady investora získáváme z jeho webových stránek. Je nutné se přihlásit do systému a následně vyplnit do popisového pole číslo stavby. Na základě tohoto čísla jsou vygenerována data se stávajícím umístěním distribuční sítě s detaily, jako jsou typy vodičů, typy podpěrných bodů a další. Dalšími detaily jsou schémata jednotlivých skříní a rozvaděčů, ve kterém jsou vypsány směry, hodnoty jistištění a typy rozvaděčů. Poslední data, která je nutné od investora získat, jsou čísla skříní a číslo trasy. Princip funguje stejně jako pro vygenerování dat pro stávající detaily distribuční sítě.

Důležitou součástí tvoří plán bezpečnosti práce. Pro vytvoření plánu bezpečnosti práce se využívají webové stránky dodavatele. Na webových stránkách je nutné vyplnit formulář pro zadání požadované práce. Do formuláře se umísťuje číslo stavby, firma, investor, jméno odpovědného projektanta a další základní informace. Důležitou částí je dodání požadovaných příloh. Přílohami se

rozumí souhrnná technická zpráva, situační výkres širších vztahů, průvodní zpráva, koordinační situační výkres a plán výstavby. V praxi často není nutné doplnit všechny tyto přílohy a vždy záleží na uvážení projektanta a případném požadavku autora plánu bezpečnosti práce. Zhotovený plán tvoří nedílnou součást projektové dokumentace.

Posledním dokumentem, který je nutný v podstatě pro každou stavbu distribuční sítě, je vytvoření projektové dokumentace přechodného dopravního značení. Projektantovi přechodného dopravního značení jsou zaslány podklady zadávacího návrhu investora a stručný popis stavby. Na základě těchto podkladů vytvoří projektant přechodného dopravního značení výkres s umístěním přechodného dopravního značení. Toto značení musí schválit příslušný útvar Policie ČR.

Dalšími dílčími dokumenty mohou být různé územní studie zabývající se ochranou přírody, ochranou architektury, vodohospodářské studie a další podklady. Tyto podklady se však vyskytují sporadicky a při své praxi jsem se s těmito podklady nesetkal. Často vyskytovaným dílčím dokumentem je projektová dokumentace stavebních částí. Vyskytuje se především při výstavbě rozvodů a transformačních stanic. Spolupráce se stavebními projektanty je však již úzce spojena a je nutná komunikace a koordinace jednotlivých dokumentací. Mimo rozvodů a transformační stanice je využíváno také výpočtů statiky podpěrných bodů při návrhu liniových staveb. Mé setkání se stavebními projektanty se týkalo rekonstrukce transformátorové stanice v Opavě a při výpočtu statiky podpěrných bodů v Sudicích, kde byl zkoumán jejich vliv na blízce vystavěný vodovodní a kanalizační řád.

3.7. Kompletace projektové dokumentace

Jakmile je celá projektová dokumentace dokončená, je nutné ji vložit na schválení investorovi. Celá trasa je překreslena na geoportál investora. Překreslení zahrnuje kromě samotné trasy také typy vodičů, použití chrániček, hodnoty jištění a další detaily spojené s dokumentací. Takto překreslený výkres poté slouží jako podklady pro navazující dokumentace v oblasti stavby a také pro vyjádření existence sítí projektantům dalších inženýrských sítí.

Následně je překreslená trasa společně se všemi ostatními částmi projektové dokumentace vložena do systému investora pro kontrolu jednotlivými složkami a jejími zástupci. Následně se čeká na jejich vyjádření k navrhované stavbě. V případě, že stavba není schválena, je zpravidla vyvolán požadavek na doplnění chybějících částí nebo opravu nalezených chyb. V případě, že je stavba schválena, následuje samotná tištěná a elektronická kompletace.

Projektová dokumentace se tiskne v šesti vydáních pro investora a jedno vydání se tiskne do archivu firmy. Dále se k dokumentaci přikládá CD s elektronickou dokumentací. První vydání musí obsahovat originály smluv. Další vydání jsou kopii prvního.

4. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané během studia a uplatněné studentem v průběhu odborné praxe

Při vykonávání odborné praxe jsem využil množství teoretických znalostí, které jsem v průběhu studia nabyl. Jedná se především o chápání samotné elektrotechniky jako teoretického vědění, které mi při řešení úkolů pomohlo pochopit základní pravidla projektování vycházející jak z norem, tak ze zkušeností mých kolegů na pracovišti.

Pro pochopení jištění distribuční sítě mi pomohl předmět Poruchy a chránění elektrických sítí. Díky tomu jsem si byl schopen lépe představit zkratové poměry v síti a pochopit principy, které z norem vychází. Dalším předmětem, který jsem využil, bylo Projektování v elektrotechnice. Tento předmět mi pomohl lépe pochopit principy uzemnění distribuční sítě. Při návrhu jištění jsem také využil znalosti nabyté v předmětu Elektrické přístroje, díky kterému jsem si dokázal uvědomit vliv působení pojistek. Přestože to není pro projekční činnost liniových staveb nízkého napětí nezbytné, jelikož se zde využívají již navržené materiály, určitě je výhodou znát věci v širším spektru. Posledním předmětem, který bych rád uvedl je Přenos a rozvod elektrické energie, ve kterém jsem

nabyl informace o výpočtu úbytků napětí ve složitějších sítích. Na základě těchto poznatků jsem dokázal pochopit místa rozpojení při napájení vedení z více stran a samotnou tvorbu zadávacího návrhu investorem.

Vypsal jsem zde pouze předměty, které jsem měl při své práci neustále v paměti a byl jsem rád za jejich přínos do mé praxe a případného budoucího povolání. Nemůžu však opomenout všechny ostatní předměty, které jsem ve škole absolvoval. Musím zmínit předměty od matematiky přes fyziku až po předměty přímo zaměřené na elektrotechniku a elektroenergetiku. Každý z předmětů přinášel nové informace, které v současnosti napomáhají k pochopení praktického fungování elektrické sítě a doplňují jednotlivé díly skládačky.

Z pohledu praktických dovedností jsem využil ovládání programů word, excel a matematický aparát. Další praktické dovednosti získané při studiu jsem již pro svou bakalářskou praxi nevyužil.

5. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe

V průběhu praxe jsem zjistil obrovský rozdíl mezi projekty vykonávanými při studiu a projekty vytvářené ve firmě. Jako základní rozdíl mezi praxí a školou je skutečnost, že výsledný produkt je skutečně prodáván a do budoucna stavěn, tudíž není možné tento produkt tvořit na 51% správnosti. Při této myšlence mi v prvních dnech scházelo především sebevědomí a převládaly obavy z chyb. Ať už se jednalo o zaslání dopisu, e-mailu nebo telefonický hovor vlastníkovu nebo prezentování svých vlastních technických myšlenek a poznatků.

V rámci zmíněné komunikace se dostávám k další scházející dovednosti a tou je samotná schopnost správně komunikovat s neobornou veřejností, která vyžaduje diplomatický přístup, znalost psychologie, a především schopnost interpretovat své myšlenky pochopitelným způsobem.

Dále mi také scházela znalost legislativy, se kterou jsem se po celou dobu své praxe setkával. Díky této neznalosti jsem musel spoustu informací neustále dohledávat. Jednalo se především o vlastní práva při stavbě, práva vlastníků a podmínky pro projednání stavby při územním souhlasu. Dále mi také scházely znalosti, na základě kterých jsem měl určit příslušné stavbou dotčené orgány, které bylo třeba v rámci stavby žádat o stanovisko.

Z počátku mi scházely i některé technické znalosti, ale letní semestr 3. ročníku bakalářského studia tyto technické nedostatky doplnil. Technické nedostatky se také týkaly znalosti stavebního inženýrství a statiky podpěrných bodů.

6. Dosažené výsledky v průběhu praxe a její celkové hodnocení

V rámci praxe jsem získal velké množství nových poznatků. Technické poznatky mi pomohly lépe pochopit teorii probíranou na vysoké škole, jelikož jsem viděl uplatnění teoretických znalostí v praxi. Dále jsem také získal povědomí o zákonech a majetkoprávních vztazích, které jsou nedílnou součástí projektu. Vylepšily se mé komunikační schopnosti se státními orgány, vlastníky a investory, což považuji za velmi přínosné i do osobního života. Praxe mi umožnila poznat množství odborníků v oboru, kteří mi věnovali své zkušenosti a čas.

Celkově tedy musím bakalářskou praxi zhodnotit jako velice přínosnou pro akademický i osobnostní růst. Jako její hlavní přínos bych zmínil možnost získat povědomí o firmách a jejich požadavcích na zaměstnance, což nabízí možnost uplatnění po dokončení studia.

Seznam použité literatury

- [1] *Enpro Energo s.r.o.* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.enpro.cz/>
- [2] 183/2006 Sb., *Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)*, ve znění účinném k 1.9.2018 [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/zakony/zakon-183_2006-zneni-ucinne-od-01_09_2018.pdf
- [3] ČSN 73 6005 *Prostorové uspořádání sítí technického vybavení* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.technickenormy.cz/csn-73-6005-prostorove-usporadani-siti-technickeho-vybaveni-1/>
- [4] PNE 33000 – 8 ed. 2 *Navrhování a umístování svodičů přepětí v distribučních sítích nad 1kV do 45kV* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.csres.cz/CZ/download?SrcFile=pne-33-0000-8_ed.2-navrhovani-a-umistovani-svodicu-prepeti-v-distribucnich-sitich-nad-1-kv-do-45-kv..pdf&AppDataFolder=PodnikoveNormy
- [5] PNE 33 0000-4 ed. 4 *Příklady výpočtů uzemňovacích soustav v distribuční a přenosové soustavě dodavatele elektřiny* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.csres.cz/CZ/download?SrcFile=pne-33-0000-4_ed4-priklady-vypoctu-uzemnovacich-soustav-v-distribucni-a-prenosove-soustave-dodavatele-elektřiny.pdf&AppDataFolder=PodnikoveNormy
- [6] ČEZd_ME_0096r00z1 *Koncepce kabelových zemních sítí VN* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/metodiky-a-dalsi-dokumentace/Metodiky/CEZd_ME_0096r00z1-Koncepce-kabelovych-zemnich-siti-VN.docx
- [7] *VN Kabel AXEKVCE, AXEKVCER, CXEKVCER* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/a2-vedeni-vn/e-kabelova-vedeni-vn/a-kabely-a-kabelove-soubory-vn/a-kabely-nad-1kv-do-35-kv/A402.001E_Kabely-AXEKVCE-AXEKVCER.pdf
- [8] *Jednožilová přímá spojka typ CHM* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://material.cezdistribuce.cz/webshop/ProductDocuments/22135_xvg4nwg1.bul.pdf
- [9] *Koncovka vnitřní 10, 22 a 35kV, 70-240mm², za tepla* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/a2-vedeni-vn/e-kabelova-vedeni-vn/a-kabely-a-kabelove-soubory-vn/b-kabelove-koncovky-nad-1kv-do-35-kv/A407.001C_Koncovka-vnitřni-za-tepla.pdf
- [10] *T-adaptéry 10 a 22 kV, 70-240mm²* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/a2-vedeni-vn/e-kabelova-vedeni-vn/a-kabely-a-kabelove-soubory-vn/c-adaptéry-a-konektory-nad-1kv-do-35-kv/A407.006E_T-adaptéry-destinene.pdf
- [11] ČEZd_ME_0035r01z2 *Zřizování věcných břemen* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/metodiky-a-dalsi-dokumentace/Metodiky/CEZd_ME_0035r01_z02_Zrizovani-vecnych-bremen-vc.-priloh.zip
- [12] 458/2000 Sb., *Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*, ve znění účinném k 1.1.2020 Archiv [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/zakony/zakon-458_2000-zneni-ucinne-od-01_01_2020.pdf
- [13] *Kabel I-AYKY-J* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/a1-vedeni-nn/b-kabelova-vedeni-nn/a-kabely-a-kabelove-soubory-nn/a-kabely-nn-do-1-kv/A401.002H_Kabely-I-AYKY-J.pdf

- [14] *Smyčkové skříně SS do zdi* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/a1-vedeni-nn/b-kabelova-vedeni-nn/b-kabelove-skrine-nn/b-pripojkove-kabelove-skrine-nn-smyckove/A411.002C_Skrine-smyckove-SS-do-zdi.pdf
- [15] *Pojistky výkonové nožové s charakteristikou gG nn, velikosti 2* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/b-distribucni-trafostanice/h-jisteni-nn/a-pojistky-nn/B506.003B_Pojistky-nn-vel-2-gG.pdf
- [16] *Mapa větrových mezooblastí* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/metodiky-a-dalsi-dokumentace/dalsi-podklady/Mapy-namrazovych-a-vetrovych-oblasti/vitr-vvn-vn-nn.pdf>
- [17] *Mapa námrazových oblastí* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/metodiky-a-dalsi-dokumentace/dalsi-podklady/Mapy-namrazovych-a-vetrovych-oblasti/namraza_vvn_vn_2017.pdf
- [18] PNE 33-3302 ed. 4 *Elektrická venkovní vedení s napětím do 1 kV AC* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.csres.cz/CZ/download?SrcFile=pne-33-3302_ed4-elektricka-venkovni-vedeni-s-napetim-do-1-kv-ac.pdf&AppDataFolder=PodnikoveNormy
- [19] PNE-33-0000-1 ed.6 *Ochrana před úrazem elektrickým proudem v distribučních soustavách a přenosové soustavě* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.csres.cz/CZ/download?SrcFile=pne-33-0000-1_ed6-ochrana-pred-urazem-elektrickym-proudem-v-distribucnich-soustavach-a-prenosove-soustave.pdf&AppDataFolder=PodnikoveNormy
- [20] *Závazná pravidla rozpočtování v SW KROS plus* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/Aktualizace-sw/aktualni/Zavazna_pravidla_rozpoctovani_v20200228.pdf
- [21] *Koncovka venkovní 10, 22 a 35kV, 70-240mm², za tepla* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/a2-vedeni-vn/e-kabelova-vedeni-vn/a-kabely-a-kabelove-soubory-vn/b-kabelove-koncovky-nad-1kv-do-35-kv/A407.002E_Koncovka-venkovni-za-tepla.pdf
- [22] *Slepé schéma do skříně SS 200, 201, 202* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: https://www.cezdistribuce.cz/edee/content/dis-standard/katalogove-listy/a1-vedeni-nn/D_slepa-schemata-do-skrini-nn/ss200201202.pdf